

Návrh vstřikovací formy pro výrobu florbalové čepel

Jakub Kozlovský

Bakalářská práce
2021

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jakub Kozlovský**
Osobní číslo: **T18192**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Návrh vstříkovací formy pro výrobu florbalové čepele**

Zásady pro vypracování

1. Vypracovat literární studii pro dané téma.
2. Provést 3D konstrukci modelu vstříkované součásti.
3. Navrhnout 3D konstrukci vstříkovací formy pro zadaný díl.
4. Nakreslit 2D řez vstříkovací formou spolu s výkresy a kusovníkem.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. Injection molding handbook. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6
REES, Herbert. Mold engineering. 2nd ed. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, c2002. ISBN 3-446-21659-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Ovsík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- Že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahrána do IS/STAG jsou obsahově totožné

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta: Jakub Kozlovský

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro florbalovou čepel. Teoretická část je zaměřena na procesu vstřikování, druhy vstřikovaných materiálů florbalové čepele, konstrukce formy, její jednotlivé části a druhy vstřikování. Praktická část je zaměřena na konstrukci daného výrobku a samotné vstřikovací formy.

Cílem bylo zkonstruovat jednonásobnou vstřikovací formu pro florbalovou čepel s pomocí softwaru CATIA V5R19 a s pomocí katalogu normalizovaných dílů pro vstřikovací formy Hasco. Výsledkem bakalářské práce byl 3D model výrobku a vstřikovací forma, ze které byla vytvořena příslušná výkresová dokumentace.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, florbalová čepel

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the construction of an injection mold for a floorball blade. The theoretical part is focused on the injection molding process, types of injected floorball blade materials, mold construction, individual parts of mold and types of injection molding. The practical part is focused on the construction of floorball blade and the injection mold for blade.

The aim was to construct a one shot mold for a floorball blade using CATIA V5R19 software and a catalog Hasco of standard parts for injection molds. The result of the bachelor's thesis was a 3D model of the product and an injection mold, from the product and mold was create relevant drawing documentation.

Keywords: injection, injection mold, floorball blade

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinu Ovsíkovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a čas věnovaný této bakalářské práci.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	11
1.1 PRINCIP VSTŘIKOVÁNÍ.....	11
1.1.1 Využití vstřikování.....	12
1.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	12
1.2.1 Postup vstřikovacího cyklu	12
1.2.2 Doba vstřikování	13
1.2.3 Doba dotlaku	14
2 FLORBALOVÁ ČEPEL	15
2.1 ČEPELE Z POLYETHYLENU	15
2.1.1 Polyethylen.....	15
2.1.2 Vlastnosti polyethylenu při vstřikování	16
2.2 ČEPELE Z POLYPROPYLENU	17
2.2.1 Polypropylen	17
2.2.2 Vlastnosti polypropylenu při vstřikování.....	18
2.3 OSTATNÍ DRUHY MATERIÁLŮ PRO ČEPELE	18
2.3.1 Čepele z polyamidu	18
2.3.2 Čepele z PE nebo z PP s příměsí grafenu	18
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	19
3.1 NÁSOBNOST FORMY	19
3.2 RÁM FORMY	19
3.2.1 Části vstřikovací formy	19
3.2.2 Určení dělicí roviny.....	21
3.2.3 Uzavírací jednotka formy.....	21
3.3 VTOKOVÝ SYSTÉM	23
3.3.1 Studený vtokový systém	23
3.3.2 Vyhřívaný vtokový systém	25
3.3.3 Druhy vtoků	26
3.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	28
3.4.1 Vyhazovací síla	29
3.4.2 Vyhazování pomocí kolíků	29
3.4.3 Vyhazování stírací deskou	30
3.4.4 Vzduchové vyhazování	31
3.4.5 Vyhazování vtokových zbytků.....	31
4 SPECIÁLNÍ ZPŮSOBY VSTŘIKOVÁNÍ.....	33
4.1 VÍCEKOMPONENTNÍ NEBO VÍCEBAREVNÉ VSTŘIKOVÁNÍ.....	33

4.2	INTERVALOVÉ VSTŘIKOVÁNÍ.....	34
4.3	VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ S PODPOROU PLYNU (GIT).....	35
4.4	VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ S PODPOROU VODY (WIT)	36
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	37
5	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	38
6	VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....	39
6.1	VOLBA VHODNÉHO MATERIÁLU	39
7	POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ PROGRAMY.....	40
7.1	CATIA V5R19	40
7.2	HASCO DACO MODUL.....	40
8	VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....	41
8.1	POSTUP KONSTRUKCE.....	41
8.1.1	Zahnutí čepele	42
8.1.2	Uchycení na florbalové holi	42
8.1.3	Zvětšení čepele.....	43
8.2	DĚLÍCÍ ROVINA.....	43
9	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	45
9.1	NÁSOBNOST FORMY	45
9.2	TVÁRNÍK A TVÁRNICE	45
9.2.1	Temperační kanály ve tvárníku a tvárnici.....	46
9.3	ZÁKLADNÍ ROZMĚRY CELÉ FORMY	47
9.4	POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY	48
9.5	VTKOVÝ SYSTÉM	49
9.6	BOČNÍ ODFORMOVÁNÍ.....	50
9.6.1	Tvarové jádro	50
9.7	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	51
9.8	ODVZDUŠŇOVACÍ SYSTÉM.....	52
10	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	53
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	59
	SEZNAM TABULEK.....	61
	SEZNAM PŘÍLOH.....	62

ÚVOD

Polymery jsou materiály, které jsou rok od roku častěji využívány pro výrobu různých druhů výrobků, ať už se jedná o konstrukční součásti nebo prvky do potravinářství. Díky jejich rozmanitým druhům, jimi můžeme nahradit ocel, sklo, dřevo a jiné materiály. Vstříkování je nejpoužívanější způsob zpracování plastů. Jeho hlavními výhodami je především výroba tvarově složitých součástí, rychlost výrobního cyklu, výroba malých i rozměrných součástí a také možnost vstříkovat velkou škálu materiálů. Mezi hlavní nevýhody patří pořizovací ceny formy i stroje.

Proces vstříkování spočívá ve stříknutí roztaveného materiálu pomocí šneku nebo pístu, do tvarové dutiny formy, která je negativem vyráběného výrobku. Po zchladnutí výrobku se forma otevře v dělicí rovině a pomocí vyhazovacího systému je vyhozen z dutiny formy a cyklus se opakuje. Na jeden pracovní cyklus se může vyrobit jeden či více výrobků, dle násobnosti formy. Daný pracovní cyklus může trvat od několika málo vteřin až po několik minut.

Pro samotnou konstrukci vstříkovačích forem se využívají různé softwary, například CATIA, která byla využita při konstrukci v této bakalářské práci. Pro zjednodušení konstrukce lze využít konstrukční prvky, které se dají zakoupit jako normálie od některých firem. Pro tuto bakalářskou práci byl využit katalog normalizovaných prvků od společnosti HASCO.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSŘIKOVÁNÍ

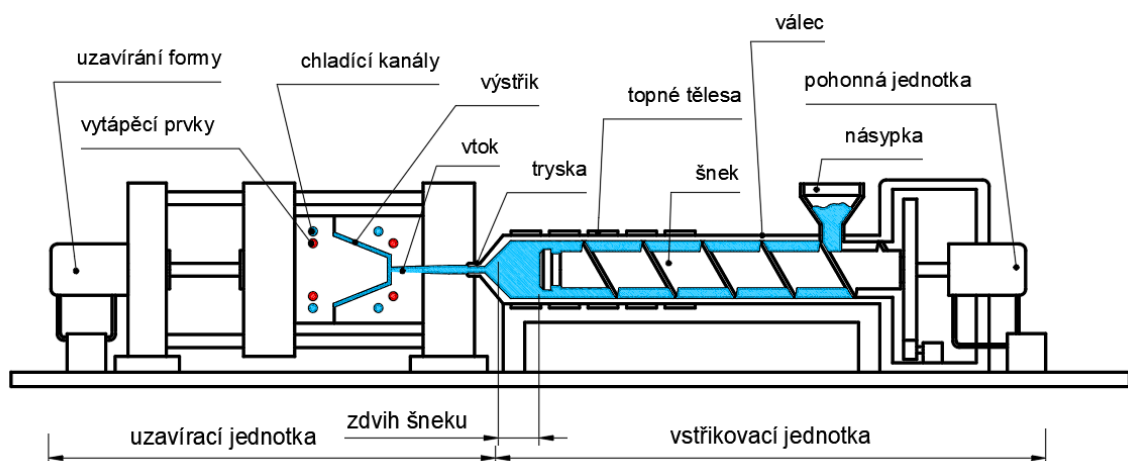
Technologie vstřikování je nejrozšířenější způsob zpracování termoplastů, reaktoplastů, elastomerů, termoplastických elastomerů, polymerních směsí, pryží, kaučuků a kompozitů. [1]

1.1 Princip vstřikování

Technologie vstřikování plastů původně vychází z technologie tlakového lití. Tlakové lití se používá pro výrobu odlitků z kovů a jejich slitin, proto největším rozdílem těchto metod je především teplota, která je u kovů o dost vyšší. Dále se liší například tokovými vlastnostmi, nebo hmotností výrobků. [1],[2] **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

K samotnému vstřikování dochází díky vstřikovacímu lisu, který pomocí tlaku vstříkne taveninu při vysoké rychlosti do dutiny formy. Lis se skládá z násypky, do které je přiváděn granulát, šneku, vstřikovací trysky a uzavírací jednotky. [2],[3]

Princip vstřikování probíhá následovně: do násypky je nasypán granulát, nový nebo recyklovaný, z níž je odebírán šnekem, který pomocí šroubovice dopravuje materiál směrem k formě. Šnek dopraví materiál do jeho přední části, kde pomocí topných těles a tření vznikne tavenina, která je vstříknuta do dutiny formy. Dutinu formy zcela zaplní, po ochlazení je forma otevřena a výrobek je vyhozen z formy. Tento proces se opakuje několikrát po sobě v daných intervalech a nazýváme jej vstřikovací cyklus. [2],[3]



Obr. 1 Schéma vstřikovacího stroje

1.1.1 Využití vstřikování

Technologií vstřikování se vyrábějí výrobky s vysokou rozměrovou i tvarovou přesností. Nejčastěji se vyrábějí tenkostěnné díly od několika desítek až po stovky gramů. Výrobek může z formy vyjít již jako hotový díl, který může jít rovnou do prodeje, nebo jako polotovár, na kterých je nutné dodělat požadované úpravy, nebo jako díl určený k dalšímu zkompletování do určeného celku. [2]

Technologií vstřikování se vyrábějí výrobky do domácnosti, potravinářství, spotřebního průmyslu, automobilů, stavebnictví i do strojírenství. V podstatě se s nimi setkáváme každý den. V každém z uvedených odvětví má výrobek jiné požadavky na přesnost, dle jeho funkčního využití. Je samozřejmé, že na výrobky typu spotřební zboží budou jiné požadavky než na výrobky konstrukční, které mají nahrazovat kovové díly. [4]

1.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus je proces neizotermický, během něhož materiál prochází tepelnou a tlakovou změnou. Cyklus tvoří řadu přesně stanovených operací. Je nutné znát vždy jeho počátek, první operaci. Počátek si lze zvolit, ale nejčastěji se používá okamžik, při kterém se začne uzavírat vstřikovací forma. Jedná se vlastně o operace, které je nutné provést, než nám vypadne hotový výrobek z formy. [3],[5]

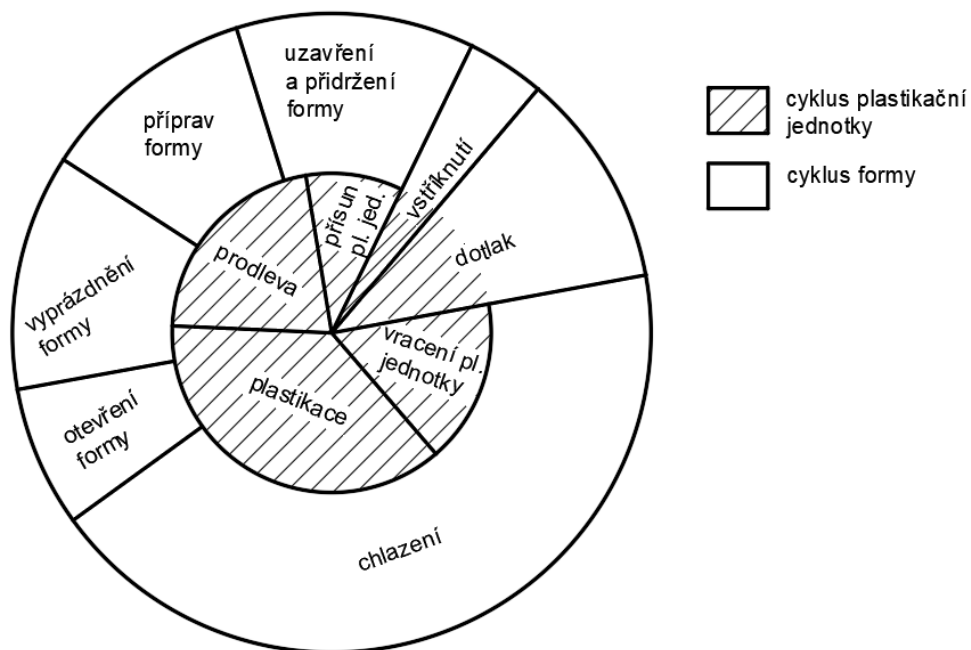
Je nutné definovat tlaky, které se ve vstřikovacím stroji nacházejí. První je tlak systémový (hydraulický), který se nachází ve válci vstřikovacího stroje pod násypkou. Druhý je vnitřní vstřikovací tlak, ten se nachází v přední části válce před tryskou. Poslední jsou tlaky, které se nacházejí v dutině výrobku, jeden je u v toku a druhý na protější straně. [3]

1.2.1 Postup vstřikovacího cyklu

Na začátku cyklu je forma otevřená a její dutina je prázdná. Na počátku cyklu dostane forma impulz a začne se přisouvat pohyblivá část formy k pevné, tím zahájí vstřikovací cyklus. Forma se uzavře, uzavírací síla musí být větší než tlak při vstřikování taveniny, aby se forma neotevřela. Poté se začne pohybovat šnek v tavicí komoře a začíná vlastní vstřikování taveniny do dutiny formy. Šek v této části cyklu plní roly pístu a tlačí taveninu do dutiny formy, pohybuje s pouze v axiální ose. Po vstříknutí taveniny šnek provádí dotlak, aby dosáhl maximálního naplnění formy. Hned když se dostane tavenina do dutiny, začne předávat teplotu formě a začíná chladnout. Chládne po celou dobu, dokud není materiál

vyhozený z formy. Chlazení je nejdélejší část vstřikovacího cyklu, je závislé především na teplotě formy a také na tloušťce výrobku. Po dostatečném ochlazení výrobku se forma otevře a vyhazovače vyhodí výrobek z formy. Mezitím se otáčí šnek a nabírá granulát, který se pomocí topných těles taví a připravuje se na další cyklus. [5]

Daný cyklus lze upravovat. Úpravou je myšleno zkrácení jednotlivých cyklů viz. *Obr. 2 Schéma vstřikovacího cyklu* tak, abychom dosáhly co nejkratšího cyklu. Čím bude kratší, tím bude rychlejší výroba. [5]



Obr. 2 Schéma vstřikovacího cyklu

1.2.2 Doba vstřikování

Doba vstřikování t_v , též čas vstřikování je jednou z nejdůležitějších částí cyklu, nejenom proto, že při něm dochází k vyplnění dutiny formy, ale také proto že rozhoduje o tom, jaké budou vlastnosti výrobku. Závisí na mnoha proměnných. Doba vstřikování se pohybuje od zlomku sekundy po několik sekund, závisí to na velikosti výstřiku. [3],[5]

Rychlost vstřikování určuje rychlost šneku, který vtlačí taveninu do dutiny formy. Rychlost šneku se odvíjí od vstřikovacího tlaku p a teplotě taveniny T_{tav} . Vstřikovací tlak je závislý době vstřikování, s rostoucím tlakem je doba vstřikování nižší. U výrobků s vysokými nároky na kvalitu povrchu a jejich přesnost volíme vyšší vstřikovací rychlosti, protože vyšší rychlost vstřikování má příznivý vliv na orientaci makromolekul, nesmí být však tak vysoká, aby došlo k přehřátí materiálu a k následné degradaci. [3],[5]

Vstřikovací tlak dále závisí na teplotě formy, protože tavenina má zhruba 3 až 4 krát vyšší teplotu než forma a s kontaktem s ní chladne. Doba vstřikování nesmí být příliš dlouhá, aby se stihla zaplnit celá dutina, než tavenina zchladne. Také musíme počítat s objemem vyráběného výrobku, s řešením vtokové soustavy a s druhem plastu, se kterým se pracuje. [5]

1.2.3 Doba dotlaku

Po vstříknutí taveniny do dutiny následuje doba dotlaku t_d , při němž dochází k vyplnění prostoru po smrštění, aby nedošlo k propadlinám a staženinám na výrobku. Dotlak vyplní přibližně 5% dutiny formy. Tlak dotlaku musí být nižší než tlak vstřikovací. Pokud by tlak zůstal stejný může dojít k tak zvané tlakové špičce, která má za následek namáhání formy a mohlo by dojít k jejímu mírnému prohnutí. Naopak při příliš malém tlaku nebo kdyby k dotlaku nedošlo, může se stát, že dostaneme nedostříknutý výrobek. Aby nedošlo ani k jednomu z těchto jevů, je nutné mít přesně načasované, kdy k dotlaku po vstřikování dojde. K přepnutí na dotlak může dojít v závislosti na vstřikovacím čase, dráze šneku, tlaku ve formě nebo tlaku v hydraulice. Tlak lze ze začátku použít vyšší, aby se využilo tekutosti taveniny a po určitém čase tlak snížit. Doba dotlaku především závisí na průřezu vtokového kanálu a na rychlosti tuhnutí taveniny. Pokud je výrobek ztuhlý a materiál už nelze do dutiny dostat, je zbytečné dotlak aplikovat. Doba dotlaku se pohybuje v rozmezí několika vteřin až několik desítek vteřin. [3],[5]

2 FLORBALOVÁ ČEPEL

Nedílnou součástí florbalu jsou florbalové hole, jejichž hlavní částí jsou florbalové čepele. Ty nejvíce ovlivňují vlastnosti celé hole při samotné hře. Vlastnosti čepele se odvíjí od použitého materiálu. Nejvíce využívaným materiálem pro výrobu florbalových čepelí jsou polypropylen (PP) a polyethylen (PE). [6]

2.1 Čepele z polyethylenu

Polyethylen (PE) je běžnější materiál pro výrobu čepelí, dříve býval nejpoužívanější, ale poslední dobou jej dorovnává polypropylen (PP). Čepele z PE se vyznačují vyšší tuhostí než PP. Její složení umožňuje čepel tvarovat, ať už pouhou silou nebo po zahřátí. Stačí ji zahřát na přibližnou teplotu 95 C° a můžeme ji vytvarovat do námi požadovaného tvaru. Čepel z tohoto materiálu je hladká, lesklá a dobře klouže po povrchu. Používá se také polyethylen s vyšší hustotou, který čepeli zajistí vyšší tvrdost, označuje se PE-h. Každá novější čepel musí mít na sobě označení z jakého materiálu byla vyrobena, viz. obr 3, v kolečku jsou vyznačené materiály PE a PP, šipka směřuje k PE, tudíž je čepel vyrobena z tohoto materiálu. [6],[7]



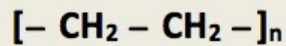
Obr. 3 Označení materiálu čepele [7]

2.1.1 Polyethylen

Jedná se o termoplast, patří do skupiny polyolefinů, které vznikají polymerací uhlovodíků. Polyolefiny jsou největší skupinou syntetických polymerů, jejich molekuly mají vždy jednu dvojnou vazbu. [9],[11]

Polyethylen je jeden z nejrozšířenějších termoplastů. Má proměnlivou krystalickou strukturu a jeho vlastnosti značně ovlivňuje molekulová struktura, která je závislá na

prostorovém uspořádání merů, stupni krystality a zejména na tvaru a délce makromolekul. Odolává řadě rozpouštědel jako jsou voda, kyseliny, zásady, soli, a to díky tomu, že se jedná o plast nepolární. Díky tomu má i výborné elektroizolační a dielektrické vlastnosti. [9],[11]



Obr. 4 Chemické značení polyethylenu [9]

Polyethylen se vyskytuje v mnoha druzích, nejčastěji vyskytujícími jsou vysokohustotní polyethylen (HDPE) a nízkohustotní polyethylen (LDPE). Ty se především liší tvarem makromolekul, zatím co HDPE je lineární, tak LDPE je rozvětvený. HDPE má také vyšší stupeň krystality, až do 90 %, vyšší hustotu 0,940 – 0,960 g/cm³. LDPE se zase lépe tepelně zpracovává, protože má nižší teplotu tání, někde okolo 110 C°, HDPE ji má kolem 132 C°. [9]

Dalšími druhy polyethylenu mohou být: středně hustotní polyethylen (MDPE), polyethylen s velmi nízkou molekulovou hmotností (ULMWPE), vysokomolekulární polyethylen (HMWPE), zesíťovaný polyethylen (XLPE), a jiné. [9],[11]

Polyethylen obecně má dobrou chemickou odolnost, je vysoce hořlavý, avšak nevznikají látky škodící prostředí. Má vysokou citlivost na UV záření, a proto se před venkovní aplikací musí stabilizovat. Dobře odolává záporným teplotám, jeho teplota skelného přechodu je kolem – 120 C°, a nejen za nízkých teplot má výbornou odolnost proti rázovému namáhání. [9]

2.1.2 Vlastnosti polyethylenu při vstřikování

Jedná se o běžně používaný plast při vstřikování. Má míru smrštění 0,7 – 2,2 % podle druhu PE, například ABS má okolo 0,8 % a PP okolo 1,7 %. Teplota vstřikovaného materiálu a teplota formy by měla být vyšší než u jiných polymerů, za použití menšího vstřikovacího tlaku, z důvodu větší míry krystalizace polyethylenu. Forma z velké části ovlivňuje budoucí výrobek. Pokud je teplota vysoká bude sice delší doba chladnutí, ale dostaneme lepší vlastnosti, tuhost a tvrdost, díky tomu že bude vyšší krystaličnost. Pokud bude teplota formy nižší, bude kratší doba chladnutí, tudíž menší krystaličnost. Výrobek bude pružný a díky nízké krystaličnosti transparentní. Teploty vstřikování se liší podle druhu polyethylenu. Pro

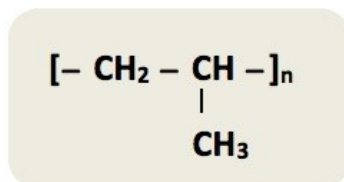
HDPE se volí teplota 180 – 240 C° a pro LDPE je teplota nižší v rozmezí 160 – 220 C°. [12],[13],[20]

2.2 Čepele z polypropylenu

Polypropylen (PP) je novějším typem materiálu pro výrobu florbalových čepelí. Je tvrdší než PE i PE-h a hůře tvarovatelný. Po mírné deformaci, například vlastní silou, má čepel tendenci se vracet do původního tvaru. Má o dost lepší tak zvanou “gumovost“, která má za následek lepší zpracování míčku, třeba po nahrávce, míček tolik od čepel neodskakuje jako u čepel z PE. Toto má ale i své negativa, dochází ke snížení rychlosti střely. Čepel z PP se dá dobře rozeznat od PE čepel tím, že má matný povrch, a její nevýhodou je že při kontaktu s většinou gumových povrchů drhne, proto je vhodnější pro střely s příklepem. Většina typů čepelí se vyrábějí ve třech různých variantách podle tvrdosti, a to měkké, střední a tvrdé. [6],[7]

2.2.1 Polypropylen

Jedná se o termoplast, který stejně jako polyethylen patří do skupiny polyolefinů. Je to semikrystalický polymer a jeho vlastnosti z největší části ovlivňuje index izotakticity. Každý používaný polypropylen má určitý podíl ataktické složky, která do jisté míry mění jeho vlastnosti. [9]



Obr. 5 Chemické značení polypropylenu [9]

Tři základní druhy polypropylenu jsou izotaktický, syndiotaktický a ataktický. Izotaktický polypropylen je z těchto třech uvedených nejhustší, má nejvyšší teplotu tání 176 C°, nejvyšší mez pevnosti a je nerozpustný. Ataktický polypropylen má z výše uvedených nejnižší hustotu, nemá teplotu tání, má velmi nízkou mez pevnosti a je snadno rozpustný. Syndiotaktický polypropylen má svoje vlastnosti někde mezi izotaktickým a ataktickým, akorát oproti ataktickému má teplotu tání, a to 135 C°. [9]

Polypropylen má dobrou chemickou odolnost, například proti kyselinám, zásadám a solím. Tímto je podobný HDPE, avšak polyethylen má odolnost o něco vyšší než polypropylen. Je také pružný, houževnatý, odolný proti únavě i oděru a má nejnižší hustotu

ze všech nelehčených plastů. Hůře odolává záporným teplotám, jeho teplota zesklenní je okolo -15 C° . [9],[14]

2.2.2 Vlastnosti polypropylenu při vstřikování

Ke vstřikování polypropylenu se nejčastěji používají vysoké rychlosti, avšak u některých výrobků se může stát, že při vyšších rychlostech se na povrchu výrobku vyskytnou vady, proto se zvolí nižší rychlost, avšak za vyšší teploty. Teplota polypropylenu při vstřikování bývá $220 - 280\text{ C}^\circ$ při obvyklém tlaku 180MPa . [15]

2.3 Ostatní druhy materiálů pro čepele

Florbalové čepele nemusí být vždy vyrobené pouze z jednoho druhu plastu, můžou se vyrábět i z různých směsí plastů, pro dosažení co nejlepších herních vlastností. Také můžou být vyrobeny z PP nebo PE a vyztužené malou částí carbonu. [8]

2.3.1 Čepele z polyamidu

Polyamid (PA) je další z možností pro výrobu florbalových čepelí. Dobře drží svůj tvar, má dobrou odolnost proti oděru, dobře se barví a v určitém složení poskytuje dobrý skluz. Tento materiál se používá jen zřídka. [8]

2.3.2 Čepele z PE nebo z PP s příměsí grafenu

Čepele vyztužené grafenem nejsou zatím běžnou věcí, začaly se testovat teprve nedávno a jejich prodej není rozšířený. Díky přidání grafenu do polypropylenu nebo do polyethylenu by se mělo dosáhnout větší tuhosti při zachování stejné hmotnosti. [9]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je komplexní systém, který musí splňovat mnoho požadavků. Jeho hlavní funkcí je dopravovat taveninu plastu do tvarové dutiny formy a její naplnění. Vedlejším úkolem je odvod tepla taveniny, zajistit co nejkratší výrobní cyklus. [17]

3.1 Násobnost formy

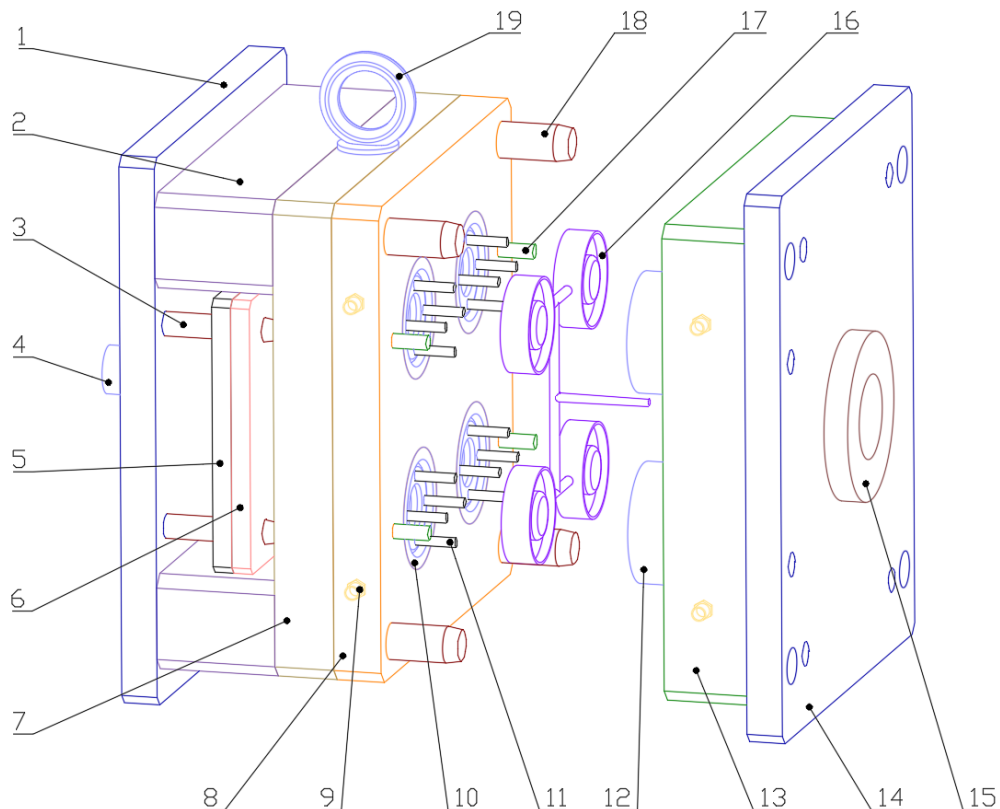
Násobnost formy je údaj, který určuje kolik výstřiků vyrobíme za dobu jednoho cyklu. Větší výrobky se většinou vstřikují do jednonásobné formy, kvůli jejich rozměrům a často i jejich složitosti. Podle kvalitativního hlediska se dá říct, že čím je menší násobnost, tím je přesnější a kvalitnější výrobek. Násobnost formy volíme podle několika hledisek: velikost a kapacita vstřikovacího stroje, požadované množství výrobků, termín dodání a ekonomika. [18]

3.2 Rám formy

Existuje mnoha variant vstřikovacích forem, ať už jde o počet jejich desek, jejich velikosti, tvaru, nebo o spoustu různých doprovodných prvků, které ve formě mohou být. [16]

3.2.1 Části vstřikovací formy

Základní, nejjednodušší forma je dvoudesková vstřikovací forma uvedená na *Obr. 6*. [16]



Obr. 6 Základní části vstřikovací formy

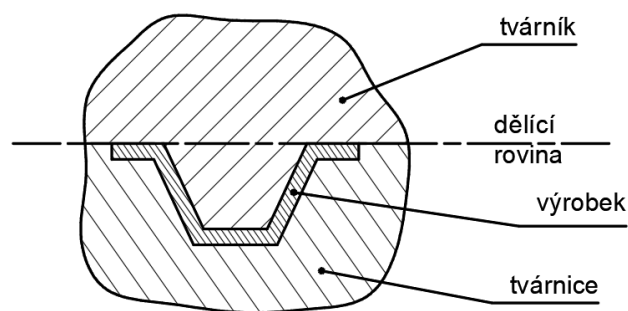
1 – levá upínací deska, 2 – rozpěrná deska, 3 – vodící čep vyhazovačů, 4 – táhlo vyhazovačů, 5 – opěrná deska vyhazovačů, 6 – kotevní deska vyhazovačů, 7 – opěrná deska, 8 – opěrná deska pro tvárník, 9 – přípojka pro temperaci, 10 – tvárník, 11 – vyhazovač, 12 – tvárnice, 13 – opěrná deska pro tvárnici, 14 – pravá upínací deska, 15 – středící kroužek, 16 – vstříkovaný díl, 17 – vraccí kolík, 18 – vodící čep formy, 19 – manipulační oko

Forma se skládá z několika na sebe naskládaných desek, které jsou spojeny nejčastěji šrouby s válcovou hlavou. Upínací desky (1,14) slouží k ukotvení celé formy, můžou být stejné, pouze zrcadlově otočené, na nich se můžou nacházet izolační desky, které pomáhají udržovat teplotu formy. Rozpěrná deska (2) dává prostor vyhazovačům (11), které pomocí táhla (4) vyhodí výrobek (16) z dutiny formy. Vyhazovače (11) jsou ukotveny do dvou vyhazovacích desek (5,6), které se pohybují po vodícím čepu (3), který je v pouzdru. Samotný čep je ukotven v levé upínací desce (1). Stejně tak je upevněný i vodící čep formy (18). Na vyhazovacích deskách (5,6) je také umístěný vraccí kolík (17), který slouží jako pojistky při zavírání, aby se nepoškodily vyhazovače (11). Výrobek dostává svůj tvar díky tvárníku (10) a tvárnici (12). Materiál se do formy dostane pomocí šneku, který dojde ke

středícímu kroužku (15), na ten navazuje vtoková vložka, která je umístěna v opěrné desce tvárnice (13), ve které jsou vyvrtány nebo vyfrézovány vtokové drážky, kterými se materiál dostane do dutiny formy.

3.2.2 Určení dělicí roviny

Dělicí rovina je plocha, na kterou dosedá hlavní část formy, tvárník a tvárnice. Dělicí rovina by měla být vždy kolmá na směr otevírání formy, aby se mohl výstřík snadno vytáhnout z formy. Na dělicí rovina by měl dosedat největší obvod výrobku, nebo jeho největší plocha. U složitějších výstříků je nutné volit více než jednu dělicí rovina, aby se mohl výrobek z formy vytáhnout, z toho důvodu musí být tvárnice dělená. Tvárnice je rozdělená na dvě nebo více částí podle tak zvané vedlejší dělicí roviny. Vždy musí být jedna dělicí rovina hlavní, tudíž ostatní jsou vedlejší. Dělicí se volí tak, aby esteticky nepřekážela, proto se nejčastěji dává do hran výrobku, kde případný přetok snadno odstraní. [17]



Obr. 7 Dělicí rovina

3.2.3 Uzavírací jednotka formy

Uzavírací jednotka slouží k uzavírání a otevírání formy podle vstřikovacího cyklu, případně i jejího vyprázdnění. Během vstřikování působí tavenina určitým tlakem na dutinu formy, proto uzavírání formy musí působit určitou silou, i když je forma zavřená. Tato síla se nazývá uzavírací síla F_U . Uzavírací síla musí být odlišná od přísouvací síly F_P , která slouží pouze k uzavření a otevření formy. Od přísouvací síly se odvíjí rychlost pohybu formy, která

musí být optimálně zvolená. U novějších strojů se dají tyto hodnoty snadno programovat. [5],[18]

- **Uzavírací síla**

Uzavírací síla musí být vždy větší než síla přísouvací. Pro výpočet uzavírací síly platí následující vztah:

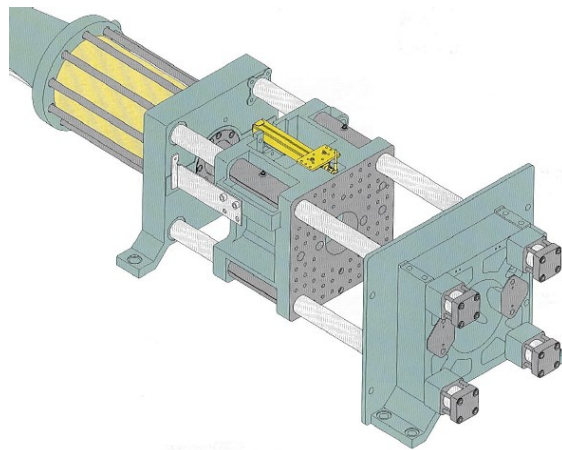
$$F = 1,2 \cdot S \cdot p_v \cdot k \leq F' \quad (1)$$

F – uzavírací síla v dělicí rovině, F' - uzavírací síla vstřikovacího stroje,

S – průmět plochy výstřiku do dělicí roviny včetně rozváděcích kanálů,

p_v – tlak plastu v dutině formy, k – koeficient tekutosti pro jednotlivé druhy plastů

Kvůli bezpečnosti se zvyšuje uzavírací síla minimálně o 20 %. Tlak plastu v dutině formy p_v se volí podle tabulek, kde záleží na délce toku taveniny a tloušťce stěny výrobku. Plasty mívají tuto hodnotu od 12 do 100 MPa, pěny od 3 do 5 MPa. Koeficient tekutosti k je též volen podle tabulek, kdy například PE, PS, PP mají koeficient 1, PA má koeficient 1,2 – 1,4, ABS má koeficient 1,3 – 1,4 a PC má koeficient 1,7 – 2. Z rozsahů koeficientu se raději volí vyšší, též kvůli bezpečnosti. [18]



Obr. 8 Uzavírací jednotka [5]

Uzavírací jednotka se skládá z uzavíracího a přidržovacího mechanismu, vodících sloupků pro vedení desek, upínací desky, na kterou se připevní nepohyblivá část vstřikovací formy a opěrné desky pevně spojené s ložem stroje, na kterou je připevněna pohyblivá část formy. Používají se hydraulické, mechanické a elektrické uzavírací systémy, nebo jejich kombinace. [5]

Uzavírací a vstřikovací jednotka zaujímají vůči sobě konkrétní polohu. Poloh pro vstřikování může být několik, například: vstřikování do dělicí roviny, vstřikování do dělicí

roviny se zakládáním, zastříkování komplikovaných výrobků, dvoukomponentní vstřikování, dvoukomponentní vstřikování se zalisováním a nejvíce používaná poloha pro vstřikování je horizontální poloha vstřikovací i uzavírací jednotky. U tohoto nejpoužívanějšího způsobu vstřikování dochází ke vstříknutí do dělicí roviny formy. Jiné způsoby se používají z důvodu reologického chování taveniny, zakládání zálisků, dvou a více komponentní vstřikování a jiné. [5]



Obr. 9 Možnosti uzavírání formy [5]

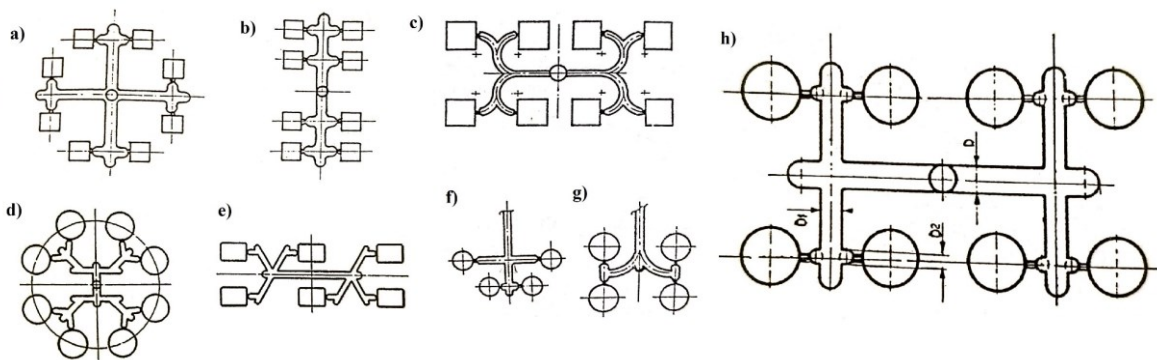
3.3 Vtokový systém

Vtokový systém slouží k dopravě taveniny od trysky do dutiny formy. Jedná se o jeden nebo více kanálů, dle složitosti formy. Vtokový systém můžeme rozdělit na dva druhy: vtokový systém pro jednonásobnou formu a vícenásobnou. Nejdůležitějším úkolem vtokového systému u jednonásobné formy je rovnoměrně naplnit dutinu formy, u vícenásobné formy je rovnoměrně naplnit každou dutinu. Ústí vtokového systému by mělo být uzpůsobena tak, aby byla co nejdelší doba dotlaku. Vtok do dutiny formy se konstruuje tak, aby byl umístěn v nejtlustším místě výrobku. [18], [19]

3.3.1 Studený vtokový systém

U studených vtokových systémů zůstává spolu s výrobkem také vtokový systém, který je brán jako odpad. U studených vtoků je třeba zajistit co nejkratší dráhu toku od vstřikovací jednotky do dutiny formy a aby nedošlo ke zbytečným časovým nebo tlakovým ztrátám. Čím kratší dráha toku, tím menší odpad. Vtokové systémy můžeme rozdělit do dvou kategorií podle násobnosti na jednonásobné a vícenásobné. U vícenásobných forem se neřeší pouze nejkratší dráha toku taveniny, ale také to, aby tavenina dorazila ke všem ústím zároveň. Je zapotřebí, aby byly všechny dráhy ke konkrétním dutinám stejné a plnily se rovnoměrně. Tlak musí být všude stejný. Délky dráhy vtoků mohou být i odlišné, ale je zapotřebí provést korekci vtokových ústí, to znamená, že se upraví například jeho průřez,

aby plnění dutin bylo pořád všude stejné. Je výhodnější dutiny plnit všechny jedním vtokem. Při plnění více vtoky může dojít k tomu, že při styku taveniny z jednoho vtoku s taveninou z jiného nebude tavenina částečně ochlazená a nedojde tak k dostatečnému spojení těchto částí výrobku. Toto nedokonalé spojení se nazývá studený spoj. Studené spoje také ovlivňuje vtok do dutiny formy, zejména jeho průřez a počet vtoků. [20]



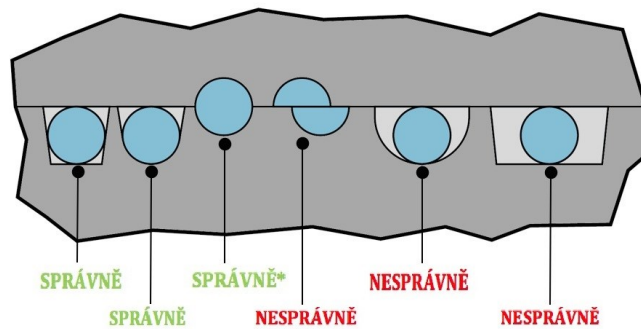
Obr. 10 Příklady vtoků [19],[20]

a),c),d),e),f),g),h) vhodné vtoky, b) nevhodný vtok nutná korekce

Na Obr. 1 jsou dva různě zvolené vtoky a) a b). U b) je výhodou menší odpad, avšak musí být použita korekce vtoku, což je pro konstrukci náročné. Proto se raději volí varianta a). U h) je vidět odstupňování vtokových kanálů, což zaručuje stejnou rychlost taveniny. Průměr D je největší, D_1 menší a D_2 nejmenší. [20]

- **Rozváděcí kanály**

Rozváděcí kanály zajišťují dopravu taveniny do dutiny formy, jsou umístěny v dělicí rovině. Od jejich průřezu se odvíjí délka vstřikovacího cyklu. Příliš velký průřez zpomalí tok taveniny, zvýší množství odpadu, sníží kvalitu vstřikovaného dílu a efektivitu samotného vstřikování. Při příliš malém průřezu zase může narůstat tlak v kanálech, který může komplikovat vstřikování. Proto se rozváděcí kanály volí tak, aby bylo co nejméně odpadu při přijatelném tlaku. [16]



Obr. 11 Provedení rozváděcích kanálů [16]

* - nejvhodnější varianta, avšak výrobně náročná, proto méně používaná

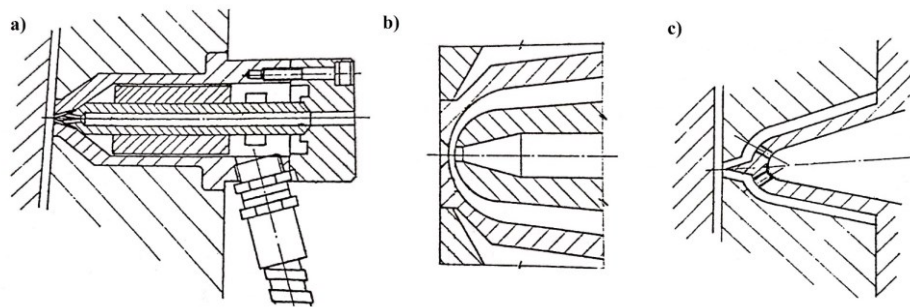
3.3.2 Vyhříváný vtokový systém

Vyhříváné vtokové systémy jsou poslední dobou čím dál tím využívanější. Jejich největší výhodou oproti studeným vtokům je, že se může vyrábět bez zbytkového materiálu a díky tomu dosáhnout lepší automatizaci celého pracovního cyklu. Díky tomu, že u těchto vtoků se pracuje bez odpadového materiálu, tak dochází k jeho úspoře a snižují se náklady na odstranění vtoků dodatečnými operacemi. U vyhříváných systémů se používají vyhříváné trysky, které mají minimální úbytek tlaku a teploty, tím pádem tavenina stupující do dutiny formy má parametry jako tavenina vystupující z trysky šneku. [19],[20]

Vyhříváné vtokové systémy mají také své nevýhody. Je třeba posuzovat jejich použití především z hlediska ekonomiky. Pokud se bude vyrábět malé množství výrobků, nebo pokud bude výroba přerušovaná, nemá cenu tento systém použít. Dále je u těchto systémů zapotřebí, aby byly neustále připojeny na zařízení, které je bude vyhřívát. O tomto je také nutné uvažovat z hlediska ekonomiky. [19],[20]

- **Vyhříváné trysky**

Vyhříváné trysky umožňují dokonalou tepelnou stabilizaci taveniny. Znatelně vylepšují technologické podmínky při vstřikování, především tím, že nevzniká odpad. Trysky jsou vytápěné, díky tomu je v nich materiál po celou dobu taveninou. Trysky mohou být vytápěny přímo, mají vlastní vytápění, nebo nepřímo, dodatečným zdrojem vtokové soustavy. Přímé vyhříváné trysky jsou pro výrobu složitější, proto si je většinou uživatel objednává již zhotovené. U nepřímého vytápění se dodá k trysce ocelové pouzdro, v němž se nachází miniaturní topné těleso, jež zasahuje do vyústění vtoku. Tento způsob vytápění je snáze výrobitelný, avšak musí se používat větší rychlost pracovního cyklu. [18],[19]



Obr. 12 Trysky a jejich vyústění [18]

- a) schéma vyhřívané trysky, b) tryska s jedním ústím bez hrotu,
c) tryska s dvojitým ústím s hrotem

Vyústění trysek popisuje Obr. 12. Může být ústí s jedním vtokovým kanálem viz. Obr. 12 b). Její nevýhodou je, že u rychlejšího vstřikovacího cyklu může dojít k tomu, že tavenina u vtoku nestihne úplně zatuhnout a vytvoří na výrobku viditelnou stopu, nebo může i „táhnout vlas“. Dále může být ústí s více otvory viz. Obr. 12 c), předejde se díky tomu nevýhodám u vtoků s jedním ústím. Při konstrukci záleží na hmotnosti výstřiku, nejčastěji bývají 2 otvory o průřezu 1 až 3 mm o vzájemném úhlu 180° . Na Obr. 12 je u trysky s více otvory zobrazen i hrot, který předchází „tažení vlasu“. [18]

- **Vytápěné rozvodné bloky**

Vyhřívané rozvodné bloky se používají pro rozvod taveniny u vícenásobných forem. Jedná se o ocelovou desku, která může mít tvar I, H, X, Y, hvězdice a jiné, v závislosti na konstrukci formy, rozváděcích kanálu a uspořádání výstřiků ve formě. Kanály pro rozvod taveniny, musí být konstruovány tak, aby nebyly nikde ostré hrany a bylo docíleno ideálního toku taveniny. Deska je rovnoměrně vytápěna pomocí tak zvaného „hadovitého“ topení umístěného v daném bloku a zalitých mědí. Topení je nejčastěji elektrické odporové, které je umístěno zvenčí na samotné formě. Dané topení může sloužit jak k ohřevu rozvodných bloků, tak i vytápěných trysek. Blok se nachází mezi upínací a tvarovou deskou v pravé části formy, od ostatních desek musí být odizolován, čehož se nejčastěji docílí vzduchovou mezerou. [18],[19]

3.3.3 Druhy vtoků

Vtok u jednonásobné formy je rovnou napojený na samotný výrobek. Takovými vtokům se říká vtoky přímé. Nejčastěji se používají u studených vtoků. [19]

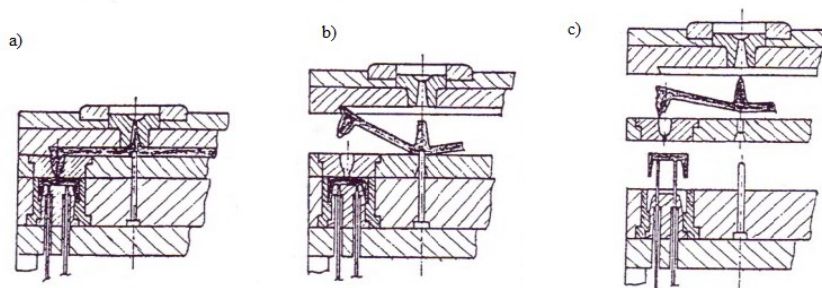
- **Kuželový vtok**

Kuželový vtok je jedním ze základních přímých vtoků u jednonásobných forem, je jedním z nejjednodušších. Používá se tam, kde je zapotřebí mí delší dobu dotlaku, nebo při výrobě rozměrově větších výrobků. Má i své nevýhody, tou největší je složitější odstraňování, u studených vtoků, a nutnost začištění daného výrobku. Při konstrukci kuželového vtoku se musí dbát na to, aby byla dodržena kuželovitost, nejmenší průřez musí být u vtoku a největší u stěny materiálu. Zde se používá tzv „zlaté pravidlo“, které říká, že největší průřez vtoku má být průměrně o 1 až 1,5 mm než nejmenší průřez. [17],[19]

- **Bodový vtok**

Bodový vtok mívá z pravidla kruhový průřez, který je na konci zúžený. Bodový vtok může být umístěn jak v dělicí rovině, tak i mimo ni. Používá se se systémem třideskových forem viz. *Obr. 13*. Třideskový systém formy zajistí odtržení vtoku přímo při chodu formy, kdy při pohybu první desky se odtrhne vtokové ústí a při pohybu druhé desky se otevře dělicí rovina výrobku. Odtržení je možné právě díky danému zúžení vtoku. [20]

Velikost zúžení se volí v závislosti na tloušťce vstřikovaného výrobku, hmotnosti výrobku a na tekutosti plastu. U výrobku o tloušťce stěny 2 mm se volí průřez bodového vtoku menší jak 1 mm a výšce od 0,8 – 1 mm. Pokud je forma navržena pro větší výrobky, z méně tekutých plastů, tak se většinou volí jiné druhy vtoků. [17],[20]



Obr. 13 Způsob odformování třideskové formy [20]

a) po vstříknutí, b) utržení vtoku, c) vyhození vtoku a výrobku

- **Boční vtok**

Jedná se o nejrozšířenější vtokové ústí, je umístěno v dělicí rovině a jedná se o vtok se zúženým ústím. Má nejčastěji obdélníkový průřez, ale může být i kruhový nebo lichoběžníkový. Obdélníkový průřez se volí dle výpočtu, kde nejvíce záleží na tloušťce výrobku a na průměru rozváděcího kanálu. Hledané hodnoty pro boční vtok jsou pak šířka a výška obdélníkového průřezu. Díky zúžení u vtoku do dutiny vzniká v tomto místě k navýšení teploty, což má pozitivní vliv na tok taveniny, pokud tomu tak není může

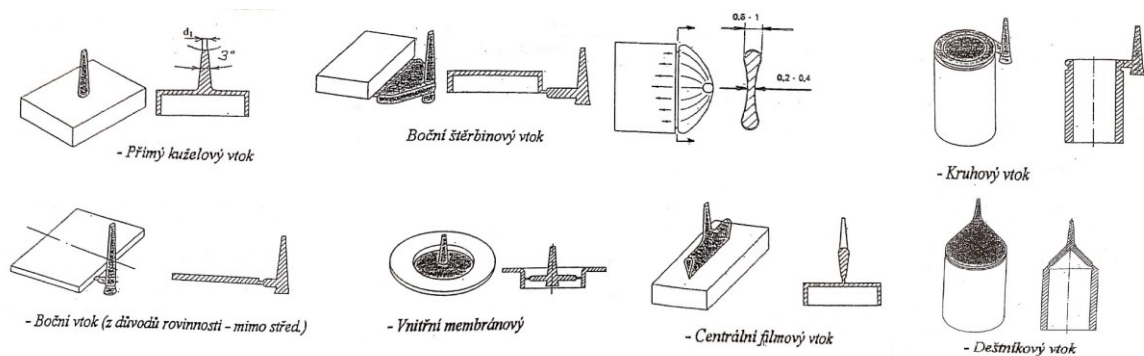
u výrobků docházet k trhlinám. To vše závisí na výpočtu ústí. Většinou bývá vtok součástí výstřiku. Je potřeba jej nějakým způsobem odstranit, na to se využívá zvláštního odřezávacího zařízení, které přebytečný materiál oddělí přímo ve formě během cyklu. [20]

- **Tunelový vtok**

Tunelové ústi slouží k plnění formy mimo dělicí rovinu, je využíván díky tomu, že při odformování a vyhození výrobku se vtokový systém oddělí od výrobku. U tohoto vtoku se používá přidržovač vtoku nebo jiného konstrukčního prvku, který zajistí, aby vtokový systém zůstal spolu s výrobkem na vyhazovací straně formy. Při následném pohybu vyhazovačů se pomocí řezné hrany vtok deformuje a dochází k jeho oddělení od výrobku. [16]

- **Další druhy toků**

Jiný druh vtoku může být vtok ústící do dutiny výstřiku, tyto vtoky se používají u rotačních, nebo osově symetrických výrobků. Dosáhne se tím rovnoměrnějšího toku materiálu vůči ose. Lze použít dva nebo více vtoků, podle tvaru výrobku. Dále například kruhový vtok, ten se využívá nejčastěji pro trubky s vyšší délkou, nebo s menším průměrem. Kruhový vtok nám zajistí rovnoměrné plnění válce, bez potřeby fixace jádra. Na Obr. 14 jsou uvedeny příklady druhů vtoků. [17]



Obr. 14 Druhy vtoků [19]

3.4 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém má za úkol, po otevření vstřikovací formy dostat výrobek z její dutiny. Výrobek je vysunut nebo vytlačen mimo oblast vstřikovacího stroje. Nejjednodušší je vyhazování výrobků, které jsou smrštěním omezené pouze na tvárník a tvárnici. Jsou to výrobky bez otvorů, osazení nebo jader, jedná se o výrobky ploché. Náročnější pro

vyhazování jsou výrobky, u kterých musíme využít jádra, kolíky, atd. U těchto výrobků vznikají pnutí a je zapotřebí větších sil pro vyhození. [17]

3.4.1 Vyhazovací síla

Po otevření formy je snaha o to, aby vyrobený dílec zůstal na straně tvárníku, kde se také nachází vyhazovací systém. Poté se může výrobek vyhodit z dutiny formy pomocí vyhazovací síly. Vyhazovací síla závisí na míře smrštění výrobku v dutině formy, tvaru výrobku, funkčním povrchu tvárníku, technologických podmínkách vstřikování (tlak, doba chlazení, teplota použitého plastu) a na pružných deformacích formy. Základní vztah pro výpočet vyhazovací síly:

$$F_v = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

F_v – vyhazovací síla, N – kolmo působící síla na tvárník, $\operatorname{tg} \varphi$ – součinitel tření

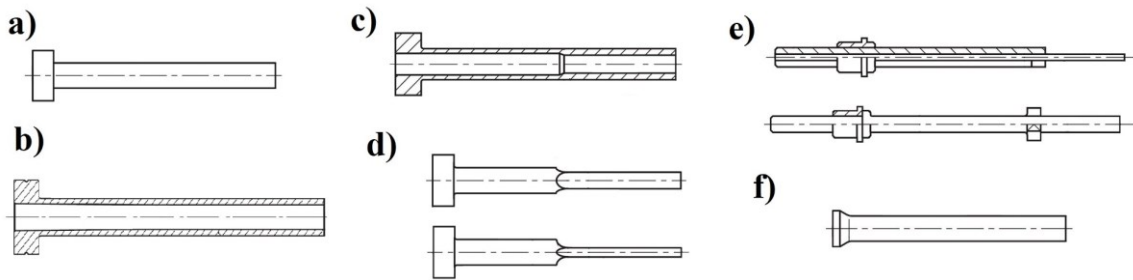
Velikost vyhazovací síly se spočítá z podmínky, že smrštění plastu vyvolá tlak na tvárník a způsobí tření. K jeho překonání se využije vyhazovací síla. [17]

3.4.2 Vyhazování pomocí kolíků

Jedná se o nejrozšířenější způsob vyhazování, je výrobně jednoduchý. Lze jej použít všude tam, kde mohou být kolíky umístěny proti ploše výrobku. Důležitým úkolem vyhazovačů je samozřejmě vyhodit výrobek z dutiny formy, ale také minimálně jej deformovat a neovlivnit jeho vzhled. Po vyhazovačích zůstávají nepatrné stopy, proto se umisťují tak, aby byly na nepohledové straně výrobku, za předpokladu, že je to z konstrukčního hlediska možné. Nejčastěji se vyhazovací kolíky umisťují do žeber nebo hran výrobku. [19],[22]

Vyhazovací kolíky mohou mít různý tvar, ale nejčastěji se používají válcové. Kolík musí být dostatečně tuhý, aby nedošlo k jeho deformaci, a snadno vyrobitelný. Ve formě jsou uloženy v toleranci H7/g6, H7/h6 a H7/j6. Jejich uložení závisí na tekutosti plastu. Vůle mezi kolíky a deskou slouží také jako odvzdušnění formy. [18]

Vyhazovací kolíky mohou být viz. *Obr. 15*: a) válcové s válcovitou hlavou, f) válcové se zapuštěnou hlavou, c) trubkové se stupňovým náběhem, b) trubkové s bezstupňovým náběhem, d) ploché s obdélníkovým průřezem (pro dosažení větší tuhosti) a e) speciální ploché. Nejčastěji jsou kalené okolo 60 HRC, nebo 950 HV, mohou být i nitridované. Vše záleží na jejich využití. [22]

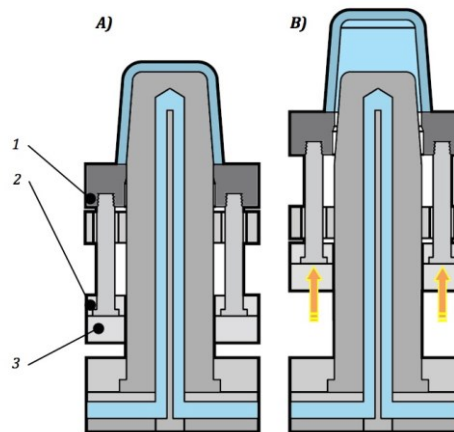


Obr. 15 Druhy vyhazovacích kolíků [22]

3.4.3 Vyhazování stírací deskou

Stejně jako u vyhazovacích kolíků se pomocí stíracích desek dostává výrobek z dutiny formy, ale zde je výstřik spíše stahován, než vyhazován. Největší výhodou stíracích desek je jejich velikost styčné plochy oproti vyhazovacím kolíků a téměř nulová deformace výrobku. Tím pádem nezanechává ani žádné viditelné stopy. Tento způsob vyhazování je vhodný především pro tenkostěnné výrobky, u kterých by hrozila velká deformace za použití kolíků, nebo pro větší výrobky, které potřebují příliš velké vyhazovací síly. Díky velikosti styčných ploch se dosáhne daleko větších vyhazovacích sil než u vyhazovacích kolíků. Stírací desky se mohou použít pouze tam, kde výrobek dosedá na stírací desku v rovině, nebo je dosedací plocha mírně zakřivena. Pro tvarově složité výrobky nemá tak velké uplatnění. [18]

Stírací deska může být ovládána tahem, pouze ve speciálních případech při otevírání formy pomocí pevné desky, nebo tlakem vyhazovacího systému. Ovládání stírací desky tlakem je více využívaná varianta. Deska je ovládána pomocí vyhazovacího trnu, který je ukotven do vyhazovací desky odkud je pomocí táhel spojený se stírací deskou. Ovládání stíracích desek může být také pomocí pružin, hydrauliky nebo pneumatického zařízení. [18]



Obr. 16 Princip funkce stírací desky [23]

1 – stírací deska, 2 – kotevní deska vyhazovačů, 3 – opěrná deska vyhazovačů,

A – vyhazovací systém v zadní pozici (při vstřikování)

B – vyhazovací systém v pohybu do přední pozice (při vyhození výrobku)

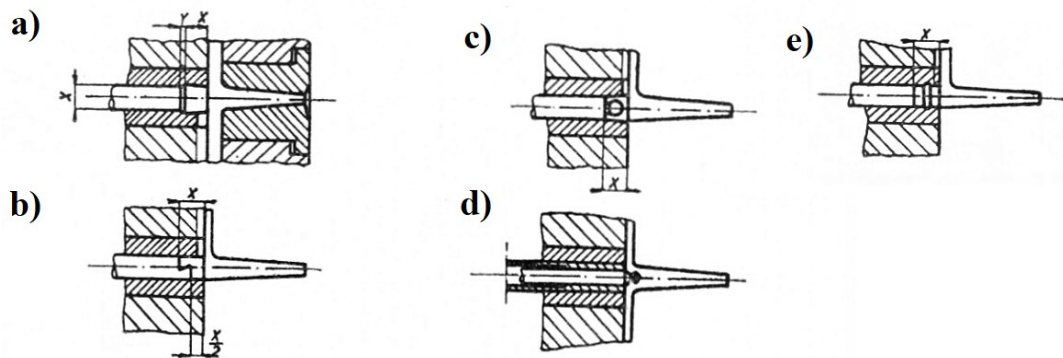
3.4.4 Vzduchové vyhazování

Vyhazování výrobků pomocí vzduchu není tak často využívané, ale pro určité typy výstřiku má své výhody. Je vhodné pro tenkostěnné výrobky o větším rozměru, nejčastěji ve tvaru nádoby. U takových to výrobků je zapotřebí formu před vyhozením odvzdušnit, aby se výrobek nedeformoval, a proto je výhodou vyhazovat tyto výrobky pomocí vzduchu při odvzdušnění formy. Také je tato metoda výhodnější u větších a složitějších výrobků, kde by vyhazovací kolíky vyžadovaly příliš velký zdvih, který může zhoršovat jejich funkčnost. [18]

Vzduchové, nebo také pneumatické vyhazování vhání stlačený vzduch mezi výrobek a tvárník. Díky tomu, že vzduch působí rovnoměrně po celé vyhazované ploše, docílí se tím také hladký povrch bez viditelných stop po vyhazování. Vzduch se do dutiny formy přivádí přes trysky, které se otevírají tlakem vzduchu a zavírají se pomocí zpětné pružiny. [18]

3.4.5 Vyhazování vtokových zbytků

Vtokový zbytek, který je součástí vstřikování se studenými vtoky, je zapotřebí z formy odstranit. Při vstřikování se dost často stává že vtokový zbytek zůstává přichycený na formě, ať už kvůli malé kuželovitosti, nedokonalému lícování trysky nebo z jiných důvodů. [17]



Obr. 17 Příklady tahačů a vyhazování vtokových zbytků [17]

Příklady vyhazování vtokových zbytků jsou uvedeny na Obr. 17. Vložka vyhazovače (tahače) a vtokový zbytek s podkosem a), díky podkosu zůstane vtokový zbytek na pohyblivé části formy a po otevření se vytlačí vyhazovacím kolíkem, který je připevněn na vyhazovací desce spolu s ostatními vyhazovači pro výrobek. Vyhazovací a vtokový zbytek se zářezem b), do vyfrézovaného zářezu vteče tavenina a díky tomu zůstává vtokový zbytek na pohyblivé části formy a je poté vyhozen vyhazovacím kolíkem. Při vyhození se část plastu, který zatekl do drážky, vytlačí silou a je deformován. Vyhazovač s kuličkou c), funguje na stejném principu jako b), akorát místo zářezu je kulička. Vtokový zbytek, tahač s vybráním a kuželem a trubkový vyhazovač d), funguje na principu stíracích desek. Vtokový zbytek se po vytažení tahačem setře trubkovým vyhazovačem. Vložka tahače a vtokový zbytek s rybinou e), funguje na stejném principu jako a). [17]

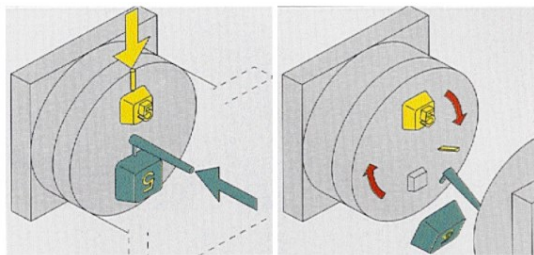
4 SPECIÁLNÍ ZPŮSOBY VSTŘIKOVÁNÍ

Kromě „klasické“ metody vstřikování plastů, existují i jiné technologie. Využívají principu vstřikování, ale jsou rozdílné z hlediska konstrukce a technologie. Speciálními technologiemi se mohou například vyrábět výrobky z více druhů plastů, duté výrobky, výrobky z vláken plněných termoplastů a jiné. [25]

4.1 Vícekomponentní nebo vícebarevné vstřikování

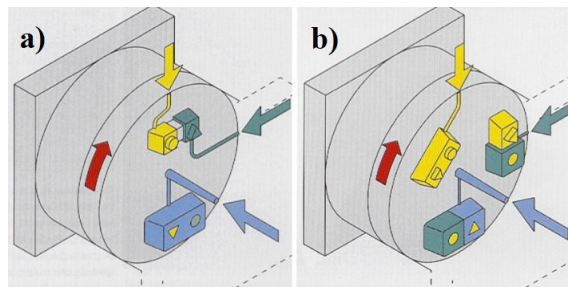
Jedná se o technologii, u které lze vyrábět jeden výrobek ze dvou a více polymerů, nebo ze dvou a více barev, avšak z jednoho druhu polymeru. Tato technologie spojuje v rámci jednoho výrobku více materiálů pomocí adhezních sil, pokud materiály nemají společné adhezní vazby je za potřeby změnit geometrii dílu tak, aby došlo k jeho zastříknutí. Od „klasického“ vstřikování se liší pouze tím, že jsou k formě připojeny dvě nebo více vstřikovacích jednotek a tím, že forma musí umožnit vstříknout dva a více materiálů během jednoho vstřikovacího cyklu. [5],[24]

Jeden z nejjednodušších a nejrozšířenějších způsobů je dvoukomponentní vstřikování *Obr. 18*. Během procesu vstřikování je do první dutiny vstříknut jeden materiál a zároveň do druhé dutiny vstříknut druhý materiál. Po vstříknutí se z druhé dutiny výrobek doformuje a celá funkční část se pootočí a proces se opakuje. V druhé dutině je první materiál už vstříknut tím pádem při vstříknutí v druhé dutině dojde ke spojení obou materiálů. [5],[24]



Obr. 18 Dvoukomponentní vstřikování [24]

Obdobně jako dvoukomponentní vstřikovací cyklus funguje také u tříkomponentního vstřikování. Tříkomponentní vstřikování se provádí na vícepolohovatelných formách, záleží především na počtu pracovních pozic. U dvou tvarových dutin je pootočení o 180°, u tří o 120°. Dále je také obdobné čtyřkomponentní vstřikování, u kterého je potočení 90°. Uspořádání vstřikovacích jednotek je složitější vzhledem k tomu, že je nutné uspořádat čtyři vstřikovací jednotky. [5],[24]



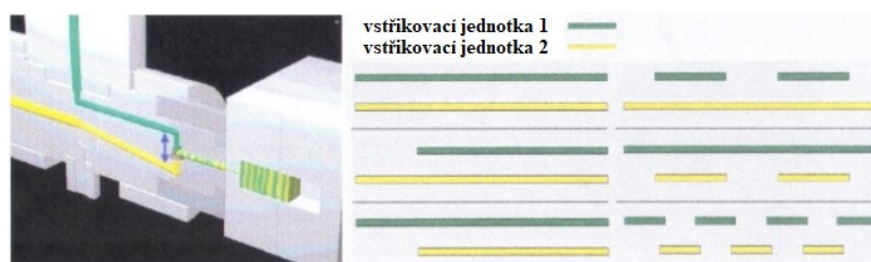
Obr. 19 Tříkomponentní vstřikování [24]

a) dvoupolohová forma, b) třípolohová forma

U vícekomponentního vstřikování především záleží na předávání výlisků z jedné tvarové dutiny do druhé. Tato záležitost především záleží na konstrukci formy. Způsoby předávání polotovarů během vstřikovacího cyklu mohou být: rotace poloviny vstřikovací formy kolem vodorovné osy, kolem svislé osy, rotace části vstřikovací formy kolem vodorovné osy, použití pohyblivého tvárníku anebo použití robota. [24]

4.2 Intervalové vstřikování

Jedná se o zvláštní případ vícebarevného vstřikování. Na rozdíl od vícekomponentního vstřikování, kde jsou jasně viditelné přechody a hranice barev. Princip spočívá v tom, že před naplněním dutiny formy dojde ke smíchání dvou barevných složek z jednoho polymeru ve speciální míchací trysce. U intervalového vstřikování záleží na nastavení časového procesu míchání a tvaru výrobku. Díky jejímu nastavení dostává výrobek svoji barvu, která bývá nahodilá. Žádný vyrobený výstřik nemá úplně stejnou barvu. [5],[24]



Obr. 20 Princip intervalového vstřikování a intervaly vstřikovacích jednotek [24]

Jednotlivé vstřikovací trysky jsou spárovány pomocí intervalové jednotky, která je umístěna v míchací trysce, díky těmto intervalům dostávají výstřiky vyrobené touto technologií svůj speciální tvar. [24]

4.3 Vstřikování plastů s podporou plynu (GIT)

Jedná se o vstřikování plastů, u kterých je možné vyrábět duté výrobky. Do určitých částí výrobku se pro dosažení dutiny přidá plyn. Plyn se přidává například pro dosažení nižší hmotnosti výrobku nebo pro jeho funkčnost. Přidávaný plyn je nejčastěji dusík, který musí mít vysokou čistotu, minimálně 99,8 %, a je do formy přiváděn o tlaku 10 - 30 MPa. Výhodou mohou být nižší náklady na chlazení, díky přidávanému plynu není nutné výrobek tolik chladit. Touto metodou se vyrábějí tenkostěnné výrobky, které potřebují méně chlazení. S chlazením souvisí i délka vstřikovacího cyklu, kdy chlazení výrobku zabere jeho nejdelší část, a kvůli nižším nárokům na chlazení je možné zkrátit cyklus až o 50 %. Dalšími výhody mohou být nižší uzavírací síly formy, menší smrštění výrobku a nižší hmotnost výrobku díky dutinám, až o 50 %. Největší nevýhodou této metody vstřikování je především cena nástroje a celkového stroje, dále také je náročnější řízení celého procesu. Tato metoda je vhodná téměř pro všechny plasty. Celkový proces je stejný jako u vstřikování, pouze ze vstřikovacího cyklu ubude dotlak, který nahrazuje plyn. [5]

U vstřikování s podporou plynu se vždy první vstříkne do dutiny formy polymer a až poté plyn, v opačném případě by plyn zůstal pouze na povrchu a nevytvořil by dutinu. Také je vhodné používat horké vyhřívané vtoky, pro dosažení ideální teploty a homogenity materiálu. Při vstřikování plastů s podporou plynu se z hlediska technologie rozděluje na dva způsoby:

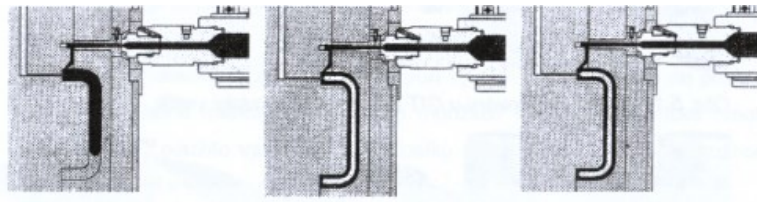
- Kráterový vstřík (dofukovací způsob)

Dutina formy je částečně naplněna taveninou, míra naplnění se pohybuje od 50 až po 90 %. Následně je do dutiny přiveden vzduch, díky němuž se vyvaruje tavenina do požadovaného tvaru a vznikne ve výrobku dutina.

- Dlouhý vstřík (vyfukovací způsob)

Plyn se do dutiny formy vstříkuje až potom, co se tvarová dutina zcela naplní. Přebytková tavenina se vrací zpět do šneku nebo do pomocné dutiny.

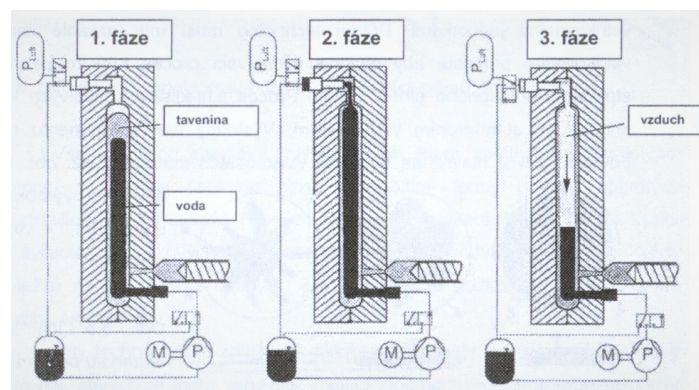
Plyn se do dutiny formy přivádí do dutiny formy buďto tryskou nebo injektorem **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** o průměru jehly 3 až 5 mm, je třeba si dát pozor, aby nedošlo k ucpání jehly. [5]



Obr. 21 Přívod plynu pomocí injektoru [5]

4.4 Vstřikování plastů s podporou vody (WIT)

Kromě technologie s podporou vstřikování plynu lze k výrobě dutých těles také použít technologii vstřikování s podporou vody. U této technologie dochází ke vstříknutí vody do taveniny v dutině formy, čímž se vytvoří dutina. Voda je do dutiny vstříknuta pomocí jedné nebo více pump, její čelo působí na taveninu jako píst. Teplota vody musí být zvolena podle zpracovávaného plastu a nesmí docházet k jejímu odpařování. Voda v dutině výrobku nezůstává jako vzduch u předchozí technologie, ale je odváděna pryč z výrobku. Může být odváděna pomocí tlaku vzduchu, odsáta nebo vylita mimo formu. Odstraněná voda z výrobku je poté navracena zpátky do oběhu. Oproti plynu má voda lepší chladicí účinky, díky tomu se zkrátí doba chlazení i celý vstřikovací cyklus. Výhody technologie WIT jsou dost obdobné jako u technologie GIT. [5]



Obr. 22 Princip vstřikování plastů s podporou vody [5]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V praktické části bakalářské práce byly stanoveny následující cíle:

- Vypracovat literární studii na dané téma
- Navrhnout 3D model vstřikované součásti
- Navrhnout 3D konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl
- Nakreslit 2D řez vstřikovací formou spolu s výkresy a kusovníkem

6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Jako vstříkovaný výrobek byla zvolena florbalová čepel. Pro výrobu vstříkovaného dílu je primární zvolit jeho materiál. Volbou materiálu lze ovlivnit nejen vlastnosti při toku ve formě, ale především vlastnosti, které jsou spojené s funkčností daného výrobku. U florbalové čepele je správná volba materiálu velice důležitá, ovlivňuje její tuhost, tvarovatelnost, její váhu a má celkový vliv při samotné střele.

6.1 Volba vhodného materiálu

Jako materiál pro výrobu florbalových čepelí se nejvíce používá polyethylen (PE) a polypropylen (PP). Polyethylen byl dříve z drtivé většiny využíván pro výrobu čepelí, ale poslední dobou jej překonává polypropylen. Polypropylen se využívá hlavně z toho důvodu, že je tvrdší, má nižší hustotu, což se projeví na její hmotnosti (čím je lehčí čepel, tím je lepší manipulace s celou florbalovou holí) a má lepší tak zvanou „gumovost“, která ovlivňuje odražení míčku od čepele.

Z předem uvedených výhod polypropylenu bylo rozhodnuto použít právě tento materiál. Konkrétně byl zvolen polypropylen s označením PP MOSTEN GB 218. Má nižší hustotu než obvyklý polypropylen. Veškeré technické parametry viz. *P I*.

Tab. 1 Vlastnosti zvoleného materiálu

Parametr	Zkušební metoda (Norma)	Jednotka	Hodnota
Hustota	ISO 1873	kg/m ³	900
Smrštění	ISO 294-3,4	%	1,76 - 1,93
Index toku taveniny	ISO 1133-1	g/10 min	18
Modul pružnosti v ohybu	ISO 178	MPa	1450
Teplota tání	ISO 11357-1,3	°C	168 - 172
Tvrdość Shore D	ISO 868		66

Tab. 2 Zpracovatelské podmínky vstříkování pro zvolený materiál

Parametr	Jednotka	Doporučená hodnota
Teplota taveniny	°C	200 - 280
Teplota formy	°C	20 - 60
Dotlak	%	(60 - 80) % vstříkovacího tlaku
Délka šneku	-	(15 - 25) % průměru šneku

7 POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ PROGRAMY

Konstrukční programy jsou nezbytnou součástí při návrhu vstřikovací formy i vstřikovacího dílu. Bez těchto programů si nelze konstrukci forem představit.

7.1 CATIA V5R19

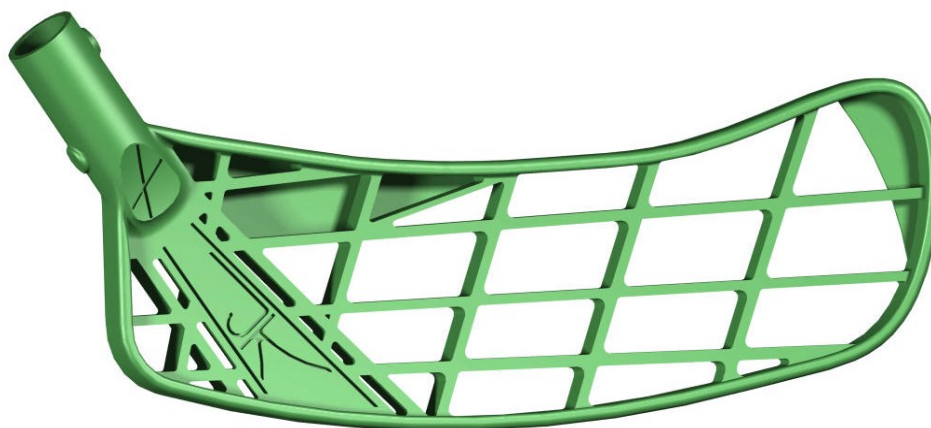
Pro konstrukci čepele i pro konstrukci formy byl zvolen program CATIA VR19 od francouzské společnosti Dassault Systèmes. CATIA je programový systém, pro návrhy a konstrukci dvojrozměrných i třírozměrných výrobků. Lze v něm navrhovat od jednoduchých malých výrobků až po velké složité výrobky složené do sestav. Jedná se o software, který obsahuje nejrozličnější počet modulů a pracovních prostředí, některé z nich byly použity pro konstrukci čepele, jiné pro konstrukci vstřikovací formy.

7.2 HASCO Daco Modul

HASCO Daco Modul je doplňkový program od společnosti Hasco. Jedná se o katalog normalizovaných dílů pro vstřikovací formy. Z katalogu lze importovat součásti do programu CATIA, díky tomu se nemusí všechny součásti modelovat a usnadní se práce při sestavování vstřikovací formy. U importovaných dílů jsou také zobrazeny jejich rozměry a umístění.

8 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

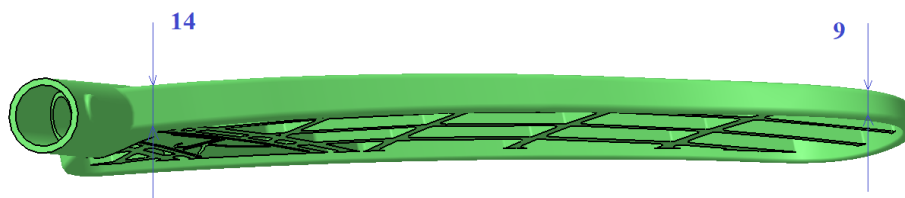
Vstříkovaný výrobek je florbalová čepel, která je součástí florbalové hole a využívá se při hře známé florbal. Florbalová čepel je připevněna k florbalové trubce, ta může být také plastová nebo karbonová, pomocí dvou šroubů na tvarové části florbalové čepel. Navržená čepel je inspirována více druhy jiných čepelí, zhotovená do finálního tvaru s ohledem na design i funkčnost. Výsledná vyrobená čepel má dle programu CATIA objem 75,63 cm³ a hmotnost 68 g.



Obr. 23 Navržená florbalová čepel

8.1 Postup konstrukce

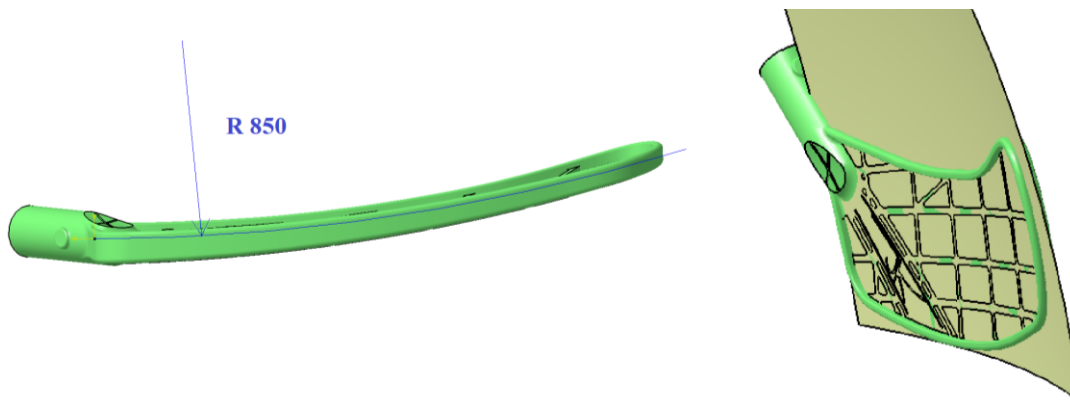
Na začátku konstrukce je třeba si zvolit základní rozměry. Délka navržené čepel bez násady je 240 mm, výška u násady je 90 mm. Šířka čepel se po délce mění, rozšiřuje se směrem od násady viz. Obr. 24. U násady je tloušťka 14 mm a ve vzdálenosti 240 mm je tloušťka 9 mm. Žebra mají tloušťku 3 mm. Příčné části žebel jsou pod úhlem 75° od osy x, podélné části žebel jsou od 4° do 6° od osy x, každá podélná část žebra je vždy o 1° více natočena než předchozí.



Obr. 24 Tloušťka čepel

8.1.1 Zahnutí čepele

Zahnutí je nezbytné hlavně z toho důvodu, aby míček na čepeli při hře lépe držel a aby při střele tahem klouzal po čepeli a opustil ji až na její koncové části. Čepel je na své délce zaoblena poloměrem 850 mm viz *Obr. 25* vlevo. Celá plocha čepele kopíruje kulovou plochu viz. *Obr. 25* vpravo. Díky tvaru kulové plochy míček dobře drží na čepeli a je s ním snadnější manipulace, než kdyby byla pouze ohnuta v jedné rovině.

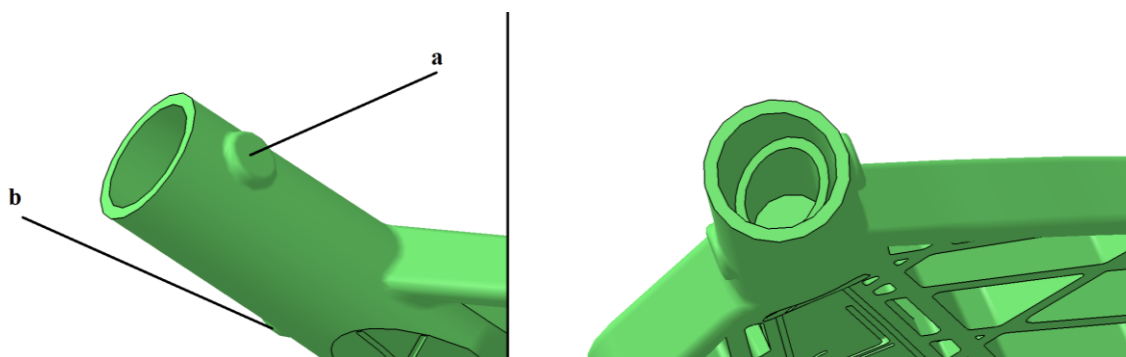


Obr. 25 Zahnutí čepele

8.1.2 Uchycení na florbalové holi

Trubka florbalové hole je nasunuta do otvoru vyznačeného na *Obr. 26*. Jedná se o dva duté válce. Vnější válec je hlavní část pro upevnění trubky, vnitřní válec je zešikmený, kvůli snadnějšímu nasunutí trubky. Mezi tyto dva duté válce je vložena trubka florbalové hole

a je zajištěna pomocí šroubů. Otvory pro šrouby jsou dodatečně vyvrtány do předem vyznačených míst viz. *Obr. 26* a, b.



Obr. 26 Připevnění čepele na trubku florbalové hole

8.1.3 Zvětšení čepele

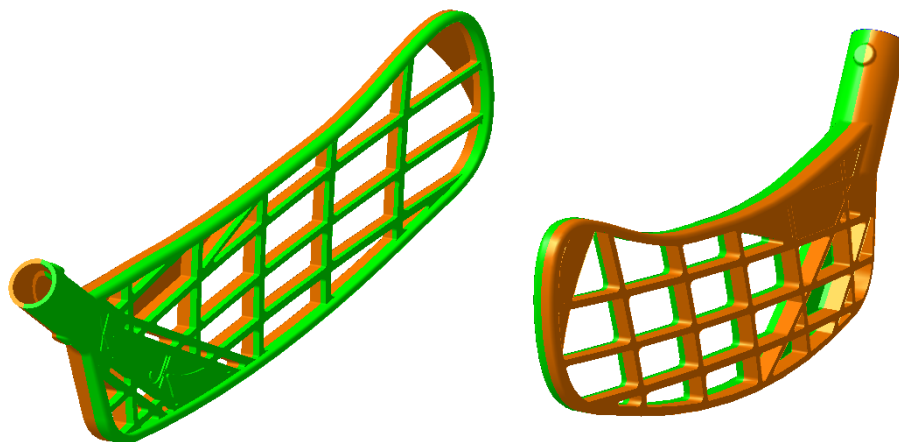
Zvětšení čepele je nezbytnou součástí konstrukce, po vstříknutí materiálu do dutiny formy a následném ochlazení se polymer smrští. Každý polymer má jiné hodnoty smrštění. Zvolený materiál PP MOSTEN GB 218 má dle normy ISO 294-3,4 hodnotu výrobního smrštění 1,93 %. Proto byl původně navržený výrobek zvětšen o tyto hodnoty viz. *Obr. 27*, zelená čepel je původní velikost a modrá je zvětšená. Z původního 75,63 cm³ vzrostl objem na 79,83 cm³.



Obr. 27 Zvětšení čepele

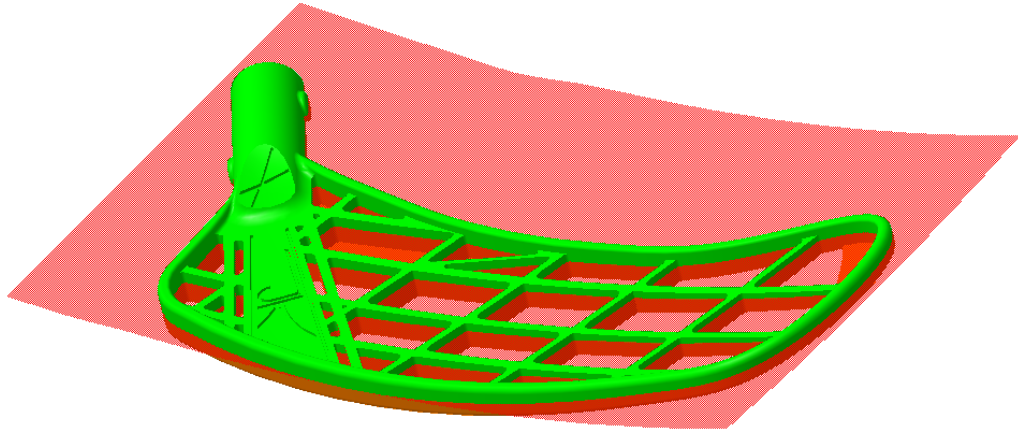
8.2 Dělicí rovina

Dělicí rovina je dalším nezbytným konstrukčním prvkem. Jedná se o první úkol, který je za potřebí po konstrukci výrobku vyřešit. Dělicí rovinu je nutno konstruovat tak, aby forma byla co nejjednodušší a bylo by co nejsnadnější výrobek z dutiny vyhodit.



Obr. 28 Čepel rozdělená dělicí rovinou

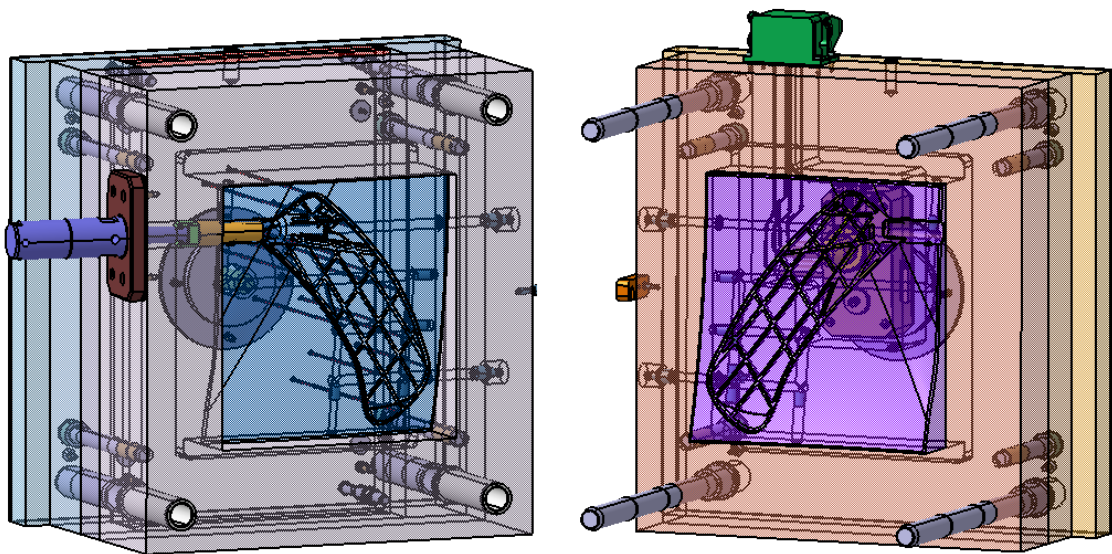
Dělicí rovina je vedena středem hole, jako část kulové plochy a jako rovinná plocha, která prochází osou násady čepele, aby bylo dosaženo snadného odformování válcové plochy násady. Kulová a rovinná plocha jsou spojeny v jednu. Jsou spojeny třetí částí, která zaručuje jejich vzájemné tečné napojení. Daná dělicí rovina je vidět na *Obr. 28* a *Obr. 29*.



Obr. 29 Dělicí rovina

9 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma se z největší části odvíjí od vyráběného výrobku. Dále se bere ohled na ekonomické hledisko a složitost formy, od které je odvozena její přesnost. Forma byla rozdělena do tří částí, na levou část, pravou část a část obsahující vyhazovací systém. Vyhazovací systém je zakomponován v levé části formy. Levou a pravou část rozděluje dělicí rovina viz. *Obr. 30*. Do levé části je započítán vyhazovací systém, který je brán zvlášť. Pro konstrukci byla použita forma z katalogu Hasco s označením Mba5.



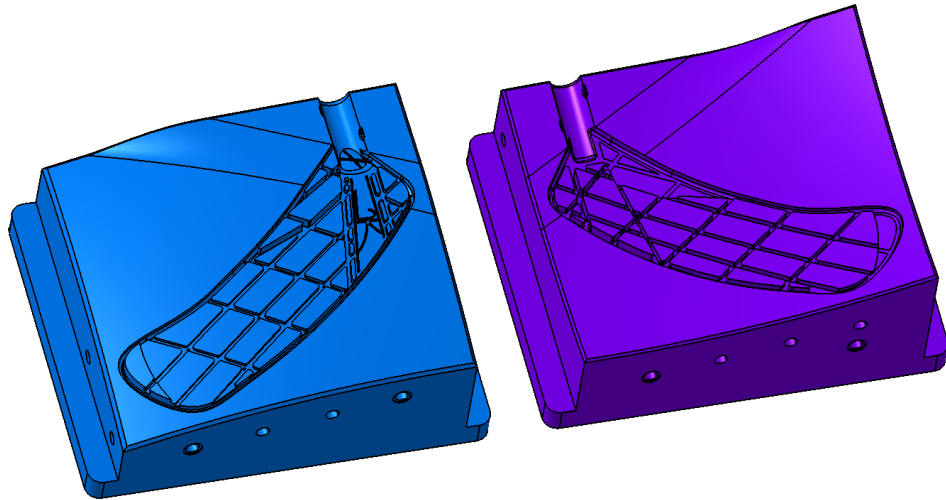
Obr. 30 Pohled na jednotlivé části formy

9.1 Násobnost formy

Násobnost formy určuje, kolik výrobků se vyrobí na jeden vstřikovací cyklus. V tomto konkrétním případě byla zvolena jednonásobná forma, s ohledem na velikost výrobku, složitost dělicí roviny, přesnost výroby a přehlednost formy.

9.2 Tvárník a tvárnice

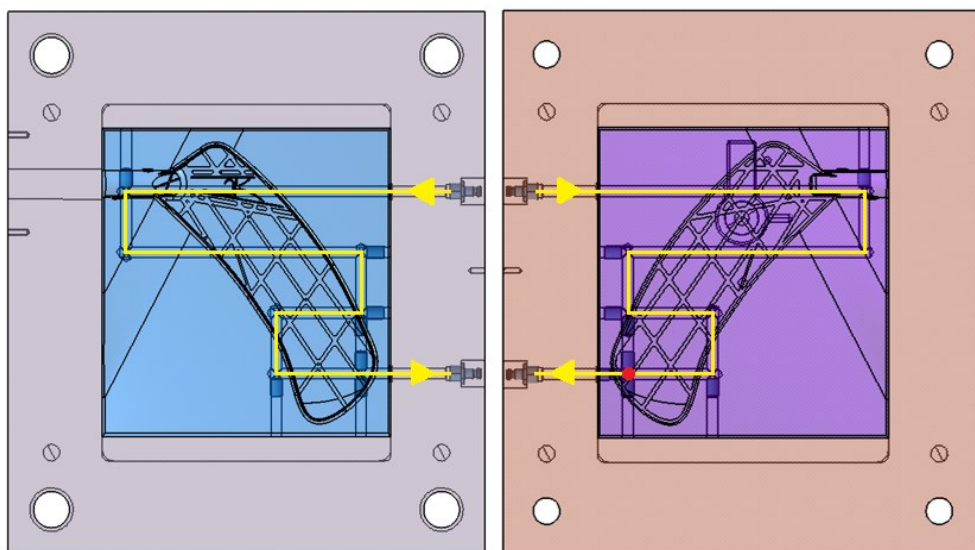
Tvárník a tvárnice jsou vyrobeny z nástrojové oceli 1.2343, jsou kaleny na tvrdost HRC 55 a popouštěny. Tato úprava pomáhá tvárníku a tvárnici odolávat tepelným a tlakovým účinkům při vstřikování. Tvárník a tvárnice dohromady mají tloušťku 182 mm. Výšku má jak tvárnice, tak tvárník stejnou a to 254 mm, stejné rozměry má i šířka, která je 240 mm. Po obvodu funkční části jsou skosené hrany pro snadnější ustavení dílů ve formě. Pro upevnění tvárníku a tvárnice do formy jsou udělány dvě osazení o tloušťce i výšce 20 mm. Tvárník je zobrazen na *Obr. 31* modrou barvou a tvárnice fialovou.



Obr. 31 Tvárník a tvárnice

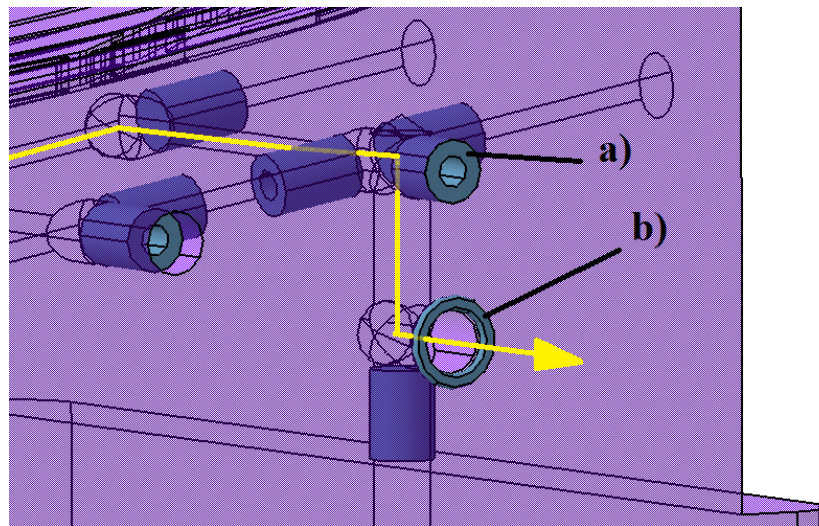
9.2.1 Temperační kanály ve tvárníku a tvárnici

Temperace tvárníku a tvárnice byla zvolena tak, aby došlo k rovnoměrnému chlazení viz. *Obr. 32 Průběh temperace ve tvárníku a tvárnici* Temperační médium teče ve směru od násady čepele po špičku čepele, aby bylo chlazení tvárníku a tvárnice rovnoměrné. Nejvzdálenější místo od vtoku je chlazeno jako poslední, z toho důvodu, že materiál je ochlazován samotnou formou a nejvyšší teplota je tudíž u vtoku. Průměr temperačních kanálů byl zvolen 10 mm a rozteč kanálu 50 mm. Vertikální temperační kanály jsou poskládány pod úhlem 10° , z důvodu zakřivení dělicí roviny. Horizontální jsou vrtány pod úhlem 10° .



Obr. 32 Průběh temperace ve tvárníku a tvárnici

U tvárnice musí být temperační kanály upraveny, jinak by vrtaný otvor neprocházela kotevní deskou. Ze spodní strany je navrtán otvor, do původního, ze kterého vychází temperační médium a dále je vyvrtán otvor v požadované výšce viz. Obr. 33. Místo, které je takto upravené je na Obr. 32 zobrazeno červeným bodem. Aby bylo docíleno požadovaného toku taveniny ve tvárníku a tvárnici, je zapotřebí utěsnit otvory, do kterých nechceme, aby temperační médium teklo. Utěsnění je provedeno pomocí uzavíracích zátek, které jsou zasunuty do požadované hloubky v díře. Pro tvárník bylo využito 7 uzavíracích zátek a pro tvárnici 9. Pro utěsnění temperačního kanálu mezi přechodem z tvárníku do jeho kotevní deky, případně z tvárnice do její kotevní desky, byly použity O kroužky, konkrétně 4. Na *Obr. 33* je písmenem a označena uzavírací zátka a písmenem b O kroužek.

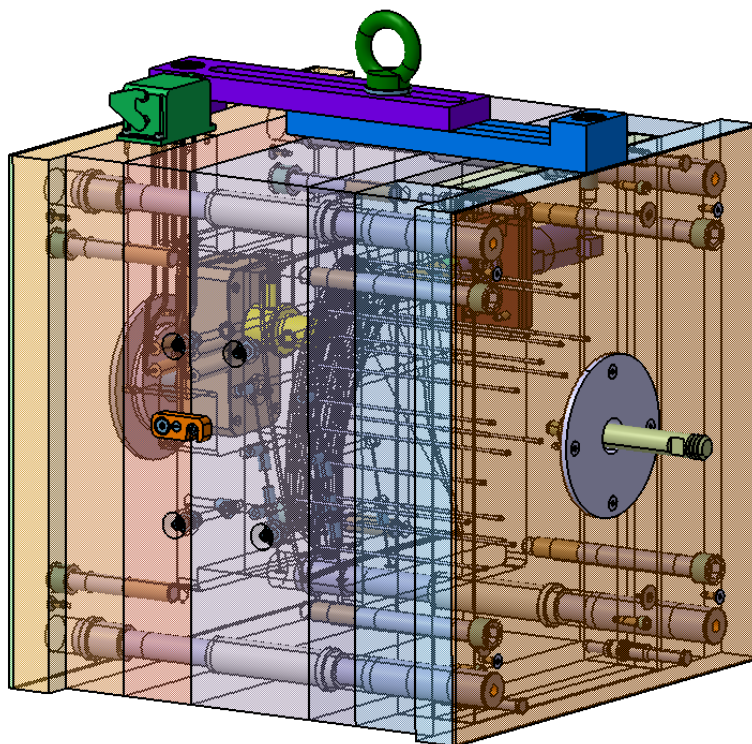


Obr. 33 Konstrukce temperačního kanálu

9.3 Základní rozměry celé formy

Forma byla vybrána z katalogu Hasco. Při výběru rozměrů celé formy se bral ohled především na celkové zaformování výrobku a s tím související rozměry tvárníku a tvárnice. Forma vygenerovaná z katalogu Hasco byla několikrát upravována, především šířka jednotlivých desek. Hlavní rozměry formy jsou 446 x 446 x 400 mm.

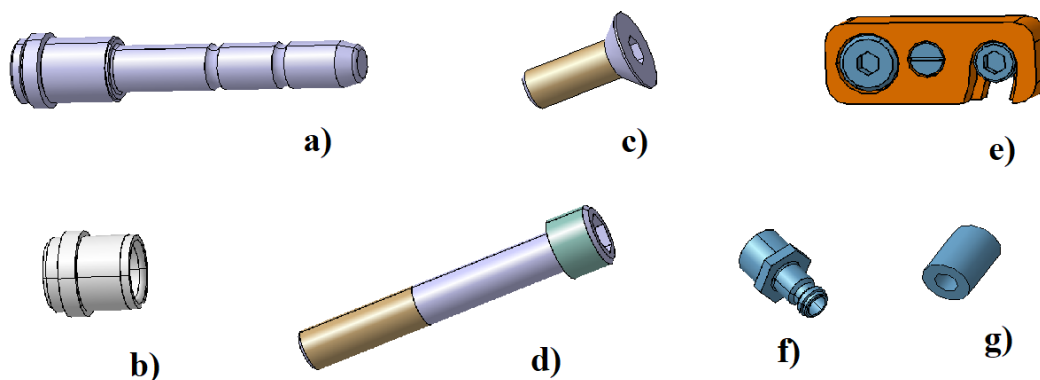
Vzájemná poloha desek je zajištěna pomocí vodících čepů, které jsou umístěny ve vodících pouzdrech a zajišťují pohyb jednotlivých částí formy. Jednotlivé části formy jsou k sobě přišroubovány. Pro manipulaci s formou je z boční části formy přimontován zámek, aby se formy neotevřela a z horní strany je umístěn transportní můstek, za který je forma při manipulaci uchycena. Jak zámek, tak i transportní můstek jsou normálně z katalogu Hasco.



Obr. 34 Vstřikovací forma

9.4 Použité konstrukční prvky

Z katalogu Hasco bylo použita většina normalizovaných konstrukčních prvků, které jsou obsaženy ve vstřikovací formě. Díly z katalogu Hasco jsou: vodící čepy, vodící pouzdra, šrouby s kuželovou hlavou, šrouby s válcovou hlavou, přípojovací nátrubky, uzavírací zátky, O kroužky, zámek, transportní můstek, tryska, horký blok, zásuvka, válcové kolíky, vyhazovací kolíky, dorazové podložky, hydraulický zámek, adaptér a táhlo pro vyhazování výrobku. Některé z konstrukčních prvků jsou zobrazeny na Obr. 35.



Obr. 35 Komponenty z Hasca

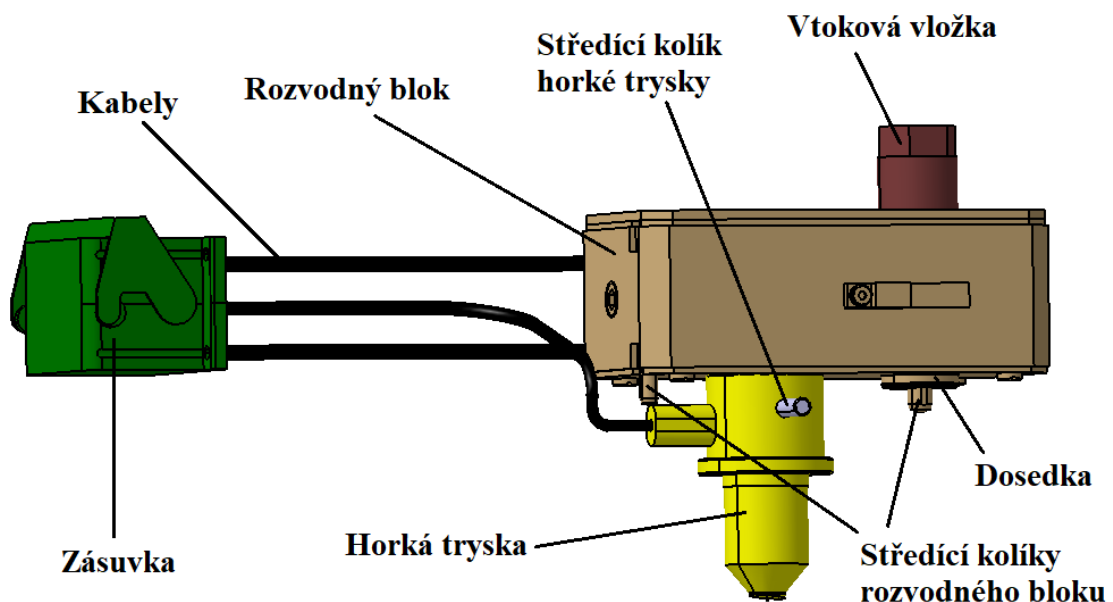
a) vodící čep, b) vodící pouzdro, c) šroub s kuželovou hlavou, d) šroub s válcovou hlavou
e) zámek, f) přípojovací nátrubek, g) uzavírací zátky

Ne všechny konstrukční díly jsou vygenerovány z katalogu Hasco. Některé součásti z katalogu neměly vyhovující parametry, proto byly zkonstruovány, aby vyhovovaly pro danou formu. Jedná se především o středící kroužky a tvarové jádro bočního odformování.

9.5 Vtokový systém

Vtokový systém slouží k dopravě taveniny do dutiny formy. V tomto konkrétním případě se jedná o horký vtokový systém. Jeho součástí je rozvodný blok ve tvaru I, v němž se nachází „hadovitého“ topení. Topení je vytápěno pomocí elektrického proudu, který je přiváděn přes zásuvku a kabely do rozvodného bloku a také do vyhřívané trysky, která je na rozvodný blok napojena. Zásuvka je umístěna na horní části formy. Horká tryska musí být zajištěna proti pootočení, především kvůli nepravidelnému tvaru dutiny formy. V tomto případě je zajištěna pomocí středícího kolíku, stejně tak je i zajištěn rozvodný blok. Součástí vyhřívaného bloku je také vtoková vložka, která propojuje vstříkovací jednotku s vyhřívaným blokem. K vyhřívanému bloku je připojena pomocí závitu. Pro plynulý chod taveniny musí být také vyhřívaná. Schéma vtokového systému je na *Obr. 36*.

Konkrétní použité díly z katalogu Hasco: Horký rozvodný blok Z512, vysokovýkonná horká tryska Z101, zásuvka Z1227 a vtoková vložka Z51.

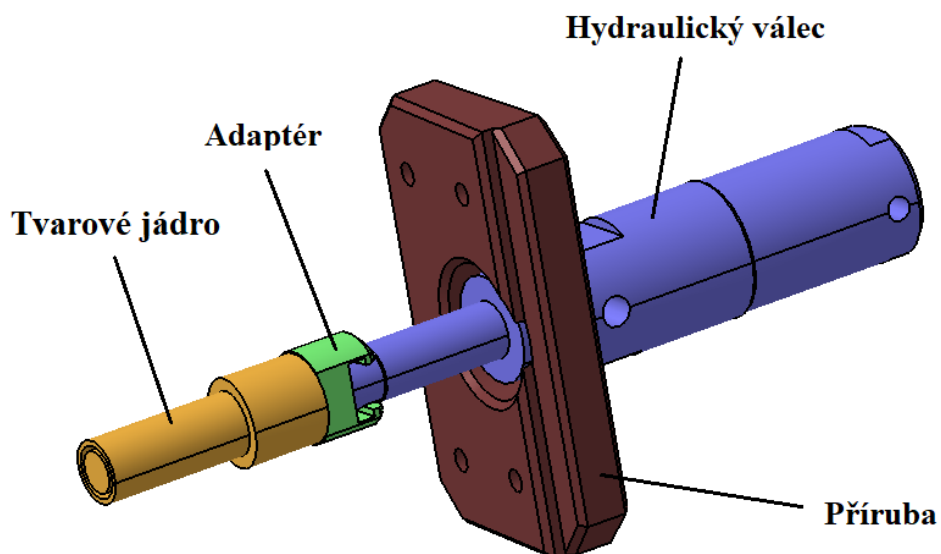


Obr. 36 Horký vtokový systém

9.6 Boční odformování

Boční odformování slouží ke tvorbě násady na florbalové čepeli. Jelikož se dutá část násady nedá vyrobít pomocí dělicí roviny, bylo zapotřebí využít bočního odformování. Hlavní částí bočního odformování je tvarové jádro, které určuje výsledný tvar násady čepel. Tvarové jádro je přišroubované na adaptéru, přes který je uchycen na hydraulickém válci viz. *Obr. 37*. Boční odformování je umístěno z boční strany formy a přichyceno pomocí příruby, do které je zašroubován hydraulický válec. Příruba je uchycena do kotevní desky pro tvárník. Příruba je tvarově upravena, aby při zavírání a otevírání formy nezasahovala do kotevní desky pro tvárnici. Hydraulický válec byl zvolen na místo posuvných čelistí, především kvůli velkému zdvihu tvarového jádra a také kvůli úhlovému natočení bočního odformování.

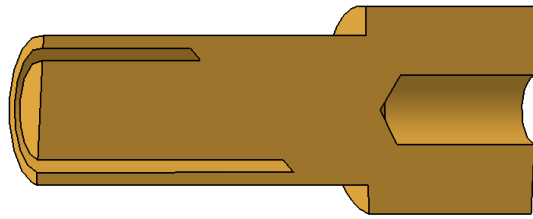
Konkrétní použité díly z katalogu Hasco: Hydraulický válec Z2301, příruba Z2321 a adaptér Z2310.



Obr. 37 Boční odformování

9.6.1 Tvarové jádro

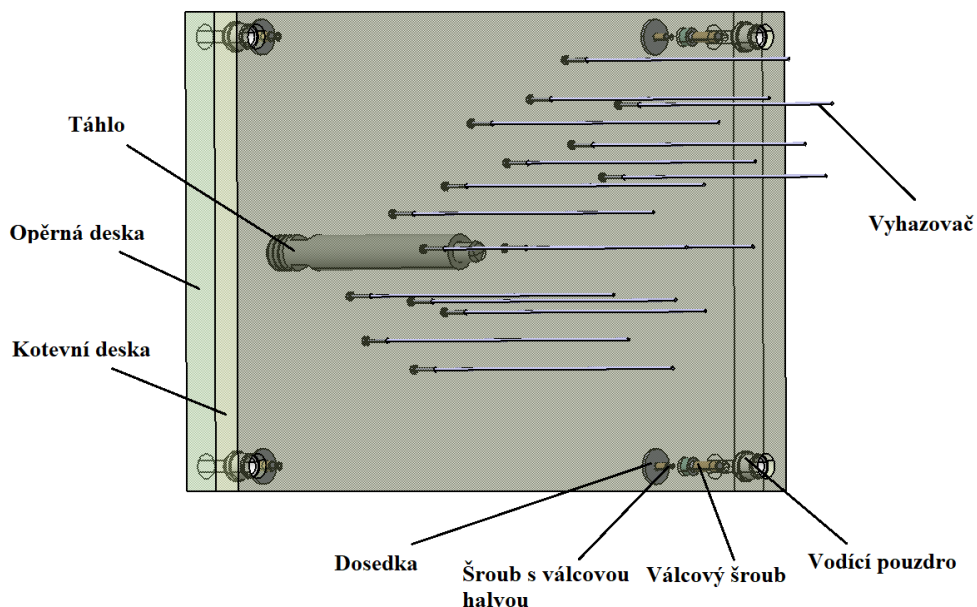
Tvarové jádro určuje výsledný tvar násady florbalové čepel, je vyrobeno z nástrojové oceli, cementováno do hloubky 0,25 mm a následně zakaleno do tvrdosti HRC 55. Tvarové jádro je součástí bočního odformování viz. *Obr. 37* a je prvkem pravé části formy. Vnitřek tvarového jádra je zkosený, tím se dosáhne lepšího nasazování hole na čepel. Řez tvarovým jádrem je uveden na *Obr. 38*.



Obr. 38 Řez tvarovým jádrem

9.7 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém vyhazuje výrobek z tvarové dutiny formy a nachází se v její levé části. Jeho pohyb zajišťuje táhlo, které je připevněno k hydraulickému zařízení.



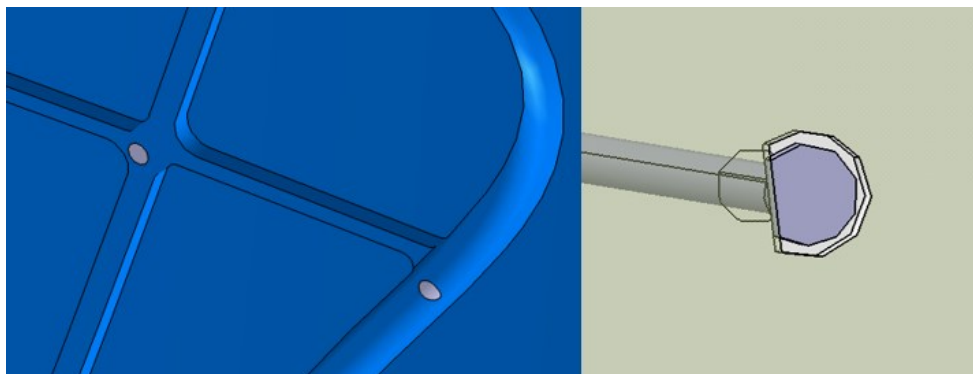
Obr. 39 Vyhazovací systém formy

Hlavní části vyhazovacího systému jsou dvě desky, v kotevní desce jsou umístěny vyhazovací kolíky a díky opěrné desce jsou vyhazovací kolíky zajištěny proti posunutí. Mezi tyto dvě desky jsou vložena vodící pouzdra, díky kterým se vyhazovací systém může pohybovat po vodících čepech, které jsou upevněny v levé části formy. Opěrná a kotevní deska je přišroubována čtyřmi šrouby. Pro ustanovení vyhazovacího systému v dané poloze slouží dosedky, které jsou přišroubovány k opěrné desce. Schéma a umístění jednotlivých dílů je na *Obr. 39*.

Konkrétní použité díly z katalogu Hasco: Šroub s válcovou hlavou Z33, dosedka (dorazová podložka) Z55, šroub s válcovou hlavou Z30, Vodící pouzdro Z103 a táhlo Z1681.

- **Vyhazovací kolíky**

Vyhazovací kolíky byly vybrány jako normálie z katalogu Hasco, mají průměr 2 mm a délku 250 mm. Jejich délka byla zvolena větší, protože tvárník má nepravidelný tvar a při volbě kratšího rozměru by nebyly všechny vyhazovače dostatečně dlouhé. Bylo zvoleno 18 vyhazovacích kolíků a jejich délka a tvarové zakončení bylo přizpůsobeno tvaru dutiny formy, viz *Obr. 40* vlevo. Kvůli jejich tvarovému zakončení je také potřeba zajistit vyhazovače proti pootočení. Z důvodu malého průměru nemohly být využity středící kolíky, tudíž bylo využito zabroušení hlav kolíků, které zabrání jejich pootočení viz. *Obr. 40* vpravo.



Obr. 40 Konstrukce vyhazovacích kolíků

9.8 Odvzdušňovací systém

Odvzdušnění dutiny formy v tomto konkrétním případě zajišťuje dělicí rovina a vyhazovací kolíky, vzhledem k jejich počtu, je předpokládáno, že odvzdušnění by mělo být dostatečné. O dodatečných odvzdušňovacích kanálech bude rozhodovat zkušební vstříknutí materiálu do formy a analýza daného výstřiku.

10 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Vstřikovací stroj je volen především s ohledem na rozměry vstřikovací formy a na požadovaný objem vstřikovaného výrobku. Celkové rozměry formy jsou pro daný vstřikovací stroj krajní, jelikož rozměry formy jsou 446 x 446 a rozmezí mezi vodicími prvky stroje jsou dle označení 470 x 470.

Pro tuto konkrétní bakalářskou práci byl zvolen hydraulický vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 S.



Obr. 41 ARBURG ALLROUNDER 470 S

Základní parametry vstřikovacího stroje jsou uvedeny v Tab. 3. Veškeré parametry jsou uvedeny v P II.

Tab. 3 Přehled základních parametrů vstřikovacího stroje

Parametr stroje	Jednotka	Hodnota
Vzdálenost mezi vodicími sloupky	mm	470 x 470
Rozměry upínací desky	mm	637 x 637
Doba vstřikovacího cyklu stroje	s	1,5 - 329
Maximální objem vstřikované dávky	cm ³	254
Průměr šneku	mm	45
Maximální délka šneku	mm	160
Maximální uzavírací síla	kN	1100
Maximální otevírací síla	kN	255
Maximální vyhadzovací síla	kN	40
Maximální zdvih vyhadzovačů	mm	175

ZÁVĚR

Cílem této praktické části bakalářské práce bylo navrhnout 3D model florbalové čepele a následnou konstrukci formy. Dále vytvořit výkres čepele a výkres vstřikovací formy s danými pohledy a kusovníkem.

Florbalová čepel byla navržena tak, aby došlo ke správnému držení míčku na čepeli, což zajistí částečná kulová plocha, díky zakřivzapotřebíení dojde k plynulému skluzu z čepele. Čepel je vyztužena žebry, kvůli pevnosti a tuhosti čepele. U špičky a násady je vyztužena, aby nedošlo k jejímu zkroucení. Dělicí rovina je vedena středem čepele a středem násady. Pro florbalovou čepel byl zvolen materiál s označením PP MOSTEN GB 218. Objem florbalové čepele je $75,63 \text{ cm}^3$ a hmotnost 68 g.

Hlavní rozměry formy byly zvoleny s ohledem na velikost výrobku a od toho se odvíjející velikost tvárníku a tvárnice. Hlavní rozměry dané formy jsou $446 \times 446 \times 400 \text{ mm}$. Forma byla převzata z katalogu Hasco, jako normálie s označením Mba5, její části byly dle potřeby poupraveny. Kromě samotné formy byly při konstrukci využity i jiné normalizované součásti z katalogu Hasco, především se jednalo o spojovací, vodící a těsnící prvky.

Temperační systém pro tvárník a tvárnici byl zvolen tak, aby docházelo k rovnoměrnému chlazení výstřiku. Kanály jsou navrženy pod úhlem, aby byla jejich vzdálenost přibližně stejná ve všech místech i přes zakřivení celé čepele. Vtokový systém je řešen horkým rozvodným blokem s jednou horkou tryskou, obojí z katalogu Hasco. Důležitou částí je také boční odformování, které zajišťuje výrobu duté části násady, díky tomu se dá připevnit čepel na zbylou část florbalové hole. Především kvůli velkému zdvihu jádra byl pro konstrukci použit hydraulický válec, taktéž z katalogu Hasco. Pro konstrukci vyhazovacího systému bylo zvoleno 18 válcových vyhazovacích kolíků, které byly zkráceny na požadovanou délku a vytvarovány do požadovaného tvaru. Kvůli tvarovému zakončení vyhazovačů bylo zapotřebí zamezit jejich pootočení, což bylo vyřešeno pomocí zabroušení jejich koncových částí.

Pro konstrukci florbalové čepele i pro konstrukci vstřikovací formy byl využit software CATIA V5R19, vzhledem k prostředí Mold Tooling Design a propojení s katalogem Hasco.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. SVOBODA, Ing. Rostislav. Základy technologie vstřikování plastů. *FACTORY AUTOMATION* [online]. 2016, 25. února [cit. 2020-11-9]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/zaklady-technologie-vstrikovani-plastu-s-nami-je-zvladnete/>
2. Tlakové lití. *Silesia tech* [online]. [cit. 2020-11-9]. Dostupné z: <http://www.silesia-tech.cz/tlakove-liti>
3. O TECHNOLOGII VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ. *Protofinal* [online]. 2016 [cit. 2020-11-9]. Dostupné z: <http://protofinal.cz/sluzby/vstrikovani-plastu/o-technologie/>
4. LENFELD, prof. Dr. Ing. Petr. *Technologie vstřikování: Technologie vstřikování plastů* [online]. Pardubice: Code Creator, 2016 [cit. 2020-11-9]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/03.html>
5. ZEMAN, Lubomír. Studie proveditelnosti a výroba výstřiků z termoplastů, 1. část. *Plasticportal* [online]. 2016, 15.12. [cit. 2020-11-9]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.cz/cs/studie-proveditelnosti-a-vyroba-vystriku-z-termoplastu-1-cast.html/c/4057/>
6. LENFELD, Petr. *Technologie II: Část 2. zpracování plastů* [online]. Technologická univerzita v Liberci. Liberec, 2009 [cit. 2020-12-31]. ISBN 978-80-7372-467-2. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:d3bac360-eca8-11e3-a2c6-005056827e51?page=uuid:a7d74fe0-fb2e-11e3-a680-5ef3fc9bb22f>
7. Rozdíl mezi PP a PE čepelí. *Eflorbal* [online]. 2019, 17.9. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://www.eflorbal.cz/blog/31811/rozdily-mezi-pp-a-pe-cepeli>
8. TORRETTA, Dan. Anatomy of a Blade. *Floorballplanet* [online]. 2020, 8.5. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: https://www.floorballplanet.com/ART_ANATOMY-BLADE.html
9. Plast: Innebandybutiken Guide - Supernördigt om plast Vad är innebandyblad gjorda av egentligen? *Innebandybutiken* [online]. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://www.innebandybutiken.se/sv/info/plast.html>
10. TORRETTA, Dan. Anatomy of a Blade. *Floorballplanet* [online]. 2020, 8.5. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: https://www.floorballplanet.com/ART_ANATOMY-BLADE.html

11. BĚHÁLEK, PH.D., Ing. Luboš. *Polymery: Termoplasty – základní druhy* [online]. Pardubice: Code Creator, 2016 [cit. 2020-11-18]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/18.html>
12. ROGERS, Tony. Everything You Need To Know About Polyethylene (PE). *Creative mechanisms* [online]. 2015, 14.září [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: <https://www.creativemechanisms.com/blog/polyethylene-pe-for-prototypes-3d-printing-and-cnc>
13. PE Injection Molding Technology. *Plastic mold* [online]. 2019, 2.září [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: <https://www.plasticmold.net/pe-injection-molding-technology/>
14. Plastic Material Shrinkage Rates. *Plastikcity* [online]. [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://www.plastikcity.co.uk/useful-stuff/material-shrinkage-rates>
15. Everything You Need To Know About Polypropylene (PP) Plastic. *Creative mechanisms* [online]. 2016, 4.května [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://www.creativemechanisms.com/blog/all-about-polypropylene-pp-plastic>
16. PP injection molding processing condition. *Viewmold* [online]. 2006 [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: http://www.viewmold.com/sources/Plastic_resin_injection_molding_processing_condition/PP_injection_molding_processing_condition.html
17. BOBEK, PH.D., Ing. Jiří. *VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ TERMOPLASTŮ: Vstřikovací forma a její funkce* [online]. Pardubice: Code Creator, 2016 [cit. 2020-12-31]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/02.html>
18. NEUHÄUSL, Emil. *Vstřikování plastických hmot* [online]. Praha, 1973 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:fb0b4b50-ad80-11e7-a000-005056827e51?page=uuid:4ccee1e0-d423-11e7-a047-005056825209knížka>
19. NEUHÄUSL, Emil. *Vstřikování plastických hmot* [online]. Praha, 1973 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:fb0b4b50-ad80-11e7-a000-005056827e51?page=uuid:4ccee1e0-d423-11e7-a047-005056825209knížka>
20. ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 230, 28 s. ISBN 9788072048335.

21. BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů*. I. díl, Vstřikování termoplastů. 2. vydání. Brno: Uniplast Brno, 1999, 133 s.
22. BRYCE, Douglas M. *Plastic Injection Molding: Volume III - Mold Design and Construction Fundamentals* [online]. Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 1998 [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://www.pdfdrive.com/plastic-injection-molding-volume-iii-mold-design-and-construction-fundamentals-e166239256.html>
23. Vyhazovač. *Hasco* [online]. 2020 [cit. 2020-12-20]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/Produktov%C3%BD-katalog/Z/Vyhazov%C3%A1n%C3%AD/Vyhazova%C4%8D/c/PIM030301?search=true>
24. BOBEK, PH.D., Ing. Jiří. *VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ TERMOPLASTŮ: Vyhazovací systém* [online]. Pardubice: Code Creator, 2016 [cit. 2020-12-21]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/07.html>
25. LENFELD, prof. Dr. Ing. Petr. *TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ: Speciální technologie vstřikování plastů* [online]. Pardubice: Code Creator, 2016 [cit. 2020-12-21]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/04.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

t_v	Doba vstřikování [m/s]
T_{tav}	Teplota taveniny [C°]
p	Vstřikovací tlak [Pa]
F	Uzavírací síla v dělicí rovině [N]
F'	Uzavírací síla vstřikovacího stroje [N]
S	Průmět plochy výstřiku do dělicí roviny včetně rozváděcích kanálů [mm ²]
p_v	Tlak plastu v dutině formy [MPa]
k	Koeficient tekutosti pro jednotlivé druhy plastů [-]
D, D_1, D_2	Průměry vtokových kanálů [mm]
F_v	Vyhazovací síla [N]
N	Kolmo působící síla na tvárník [N]
$tg \varphi$	Součinitel tření [-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Schéma vstřikovacího stroje</i>	11
<i>Obr. 2 Schéma vstřikovacího cyklu</i>	13
<i>Obr. 3 Označení materiálu čepele [7]</i>	15
<i>Obr. 4 Chemické značení polyethylenu [9]</i>	16
<i>Obr. 5 Chemické značení polypropylenu [9]</i>	17
<i>Obr. 6 Základní části vstřikovací formy</i>	20
<i>Obr. 7 Dělicí rovina</i>	21
<i>Obr. 8 Uzavírací jednotka [5]</i>	22
<i>Obr. 9 Možnosti uzavírání formy [5]</i>	23
<i>Obr. 10 Příklady vtoků [19],[20]</i>	24
<i>Obr. 11 Provedení rozváděcích kanálů [16]</i>	25
<i>Obr. 12 Trysky a jejich vyústění [18]</i>	26
<i>Obr. 13 Způsob odformování třídeskové formy [20]</i>	27
<i>Obr. 14 Druhy vtoků [19]</i>	28
<i>Obr. 15 Druhy vyhazovacích kolíků [22]</i>	30
<i>Obr. 16 Princip funkce stírací desky [23]</i>	31
<i>Obr. 17 Příklady tahačů a vyhazování vtokových zbytků [17]</i>	32
<i>Obr. 18 Dvoukomponentní vstřikování [24]</i>	33
<i>Obr. 19 Tříkomponentní vstřikování [24]</i>	34
<i>Obr. 20 Princip intervalového vstřikování a intervaly vstřikovacích jednotek [24]</i>	34
<i>Obr. 21 Přívod plynu pomocí injektoru [5]</i>	36
<i>Obr. 22 Princip vstřikování plastů s podporou vody [5]</i>	36
<i>Obr. 23 Navržená florbaloá čepel</i>	41
<i>Obr. 24 Tloušťka čepele</i>	41
<i>Obr. 25 Zahnutí čepele</i>	42
<i>Obr. 26 Připevnění čepele na trubku florbaloá hole</i>	42
<i>Obr. 27 Zvětšení čepele</i>	43
<i>Obr. 28 Čepel rozdělená dělicí rovinou</i>	43
<i>Obr. 29 Dělicí rovina</i>	44
<i>Obr. 30 Pohled na jednotlivé části formy</i>	45
<i>Obr. 31 Tvárník a tvárnice</i>	46
<i>Obr. 32 Průběh temperace ve tvárníku a tvárnici</i>	46
<i>Obr. 33 Konstrukce temperačního kanálu</i>	47
<i>Obr. 34 Vstřikovací forma</i>	48

<i>Obr. 35</i> Komponenty z Hasca	48
<i>Obr. 36</i> Horký vtokový systém.....	49
<i>Obr. 37</i> Boční odformování	50
<i>Obr. 38</i> Řez tvarovým jádrem	51
<i>Obr. 39</i> Vyhazovací systém formy.....	51
<i>Obr. 40</i> Konstrukce vyhazovacích kolíků	52
<i>Obr. 41</i> ARBURG ALLROUNDER 470 S.....	53

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Vlastnosti zvoleného materiálu.....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 2 Zpracovatelské podmínky vstřikování pro zvolený materiál</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 3 Přehled základních parametrů vstřikovacího stroje.....</i>	<i>53</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Materiálový list PP MOSTEN GB 218

Příloha P II: Parametry vstřikovacího stroje ARBURG ALLROUNDER 470 S

Příloha P III: Výkresová dokumentace

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST PP MOSTEN GB 218

PP MOSTEN® GB 218

TECHNICKÝ LIST

HOMOPOLYMER PRO VSTŘIKOVÁNÍ A VLÁKNA

MFR (230/2,16): 18 g/10 min

Mosten GB 218 je polypropylen vyráběný v Unipetrolu RPA technologií INNOVENE™ PP.

Charakteristika

- AGF stabilizace
- bezftalátový
- splňuje EN 71-3,9 Bezpečnost hraček
- splňuje Evropský lékopis 8 (Ph. Eur. 8, 3.1.3)

Mezinárodní označení

ISO 19069-PP-H,,G,16-02-200

Aplikace

- technické díly
- domácí potřeby
- uzávěry
- multifilamenty
- stříže
- kompaundy

Materiálové vlastnosti (typické hodnoty, netvoří specifikaci daného typu)

Parameter	Zkušební metoda	Jednotka	Hodnota	
REOLOGICKÉ VLASTNOSTI				
Index toku taveniny (230 °C/2,16 kg)	ISO 1133-1	g/10 min	18	
Výrobní smrštění podélně	ISO 294-3,4	%	1,76	
Výrobní smrštění napříč			1,93	
MECHANICKÉ VLASTNOSTI				
Modul pružnosti v ohybu	ISO 178	MPa	1450	
Modul pružnosti v tahu	ISO 527-1,2	MPa	1450	
Napětí na mezi kluzu		MPa	33	
Prodloužení na mezi kluzu		%	9	
Celková tažnost		%	350	
Křípový modul v tahu (5 MPa)	1 h	ISO 899-1	MPa	1000
	1000 h			450
Vrubová houževnatost Charpy 23 °C	ISO 179-1	kJ/m ²	3	
TEPLOTNÍ VLASTNOSTI				
Teplota tání (DSC)	ISO 11357-1, 3	°C	168 - 172	
Teplota měknutí dle Vicata (VST)	ISO 306	°C	153	
HDT (1,8 MPa)	ISO 75-1,2	°C	54	
OSTATNÍ VLASTNOSTI				
Tvrdost Shore D	ISO 868	-	66	

Zpracovatelské podmínky pro vstřikování

Parametr	Doporučená hodnota	Jednotka
Teplota taveniny	200 - 280	°C
Teplota formy	20 - 60	°C
Dotlak	(60 - 80) % vstřikovacího tlaku	%
Délka šneku	(15 - 25) d*	-

* Průměr šneku

PP MOSTEN®

TECHNICKÝ LIST

Vzhledové vlastnosti

PP Mosten neobsahuje žádné mechanické nečistoty. Je dodáván v podobě přírodního granulátu. Typické rozmezí sypné hmotnosti PP Mosten je (450 - 600) kg/m³.

Teplotní vlastnosti

PP Mosten se vyznačuje dobrými tepelně-izolačními vlastnostmi. Oblast teplot tání krystalického podílu homopolymerů je (160 - 168) °C, kopolymerů (125 - 168) °C. Teplota skelného přechodu T_g homopolymerů je cca -10 °C. Se snižující se teplotou klesá houževnatost materiálu a pod teplotou -20 °C je materiál již značně křehký. V oblasti záporných teplot je vhodnější použít kopolymer, které mají obecně teplotu skelného přechodu T_g posunutou k výrazně nižším hodnotám než homopolymer. V oblasti vysokých teplot lze PP Mosten používat trvale do 100 °C, tepelně stabilizované typy do 105 °C. Stupeň tepelné stability všech typů PP Mosten je takový, že při obvyklém způsobu zpracování nedochází k významné degradaci materiálu.

Fyzikálně-chemické vlastnosti

PP Mosten je díky svému nepolárnímu charakteru v širokém rozsahu teplot a koncentrací chemicky velmi stálý vůči roztokům anorganických solí, kyselin a zásad. Neodolává pouze oxidačním činidlům (např. koncentrovaná kyselina dusičná, oleum, halogeny), v halogenovaných aromatických uhlovodících a v některých rozpouštědlech za zvýšených teplot bobtná. Navlhavost a nasákavost PP Mosten je velmi malá (0,2 %). Sorpce vody se týká pouze povrchu materiálu, je ho proto použit v prostředí s proměnnou relativní vlhkostí, aniž by docházelo k rozměrovým změnám výrobků či změnám mechanických vlastností.

Při zpracování PP Mosten může působit obtíže vlhkost, zkondenzovaná při přenosu materiálu z prostředí chladnějšího do prostředí teplejšího. Při teplotách skladování nižších než 20 °C se doporučuje kondicionovat materiál min. 24 h před vlastním zpracováním ve výrobní hale.

Zdravotní nezávadnost

PP Mosten splňuje požadavky těchto nařízení a předpisů, v platném znění:

- Zákona č. 152/1995 Sb.;
- Vyhlášky MZ ČR č. 38/2001 Sb.;
- Nařízení Evropského Parlamentu (EP) a Rady (ES) č. 1935/2004;
- Nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) - při výrobě tohoto typu PP Mosten nebyly použity žádné ftaláty;
- Nařízení Komise (EU) č. 10/2011, v platném znění.

Požární a bezpečnostně-technické charakteristiky

PP Mosten není podle nařízení EP a Rady (ES) č. 1272/2008 (CLP) klasifikován jako nebezpečná látka ani nespĺňuje žádnou z dalších podmínek uvedených v čl. 31 nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH), a proto se na něj nevztahuje povinnost poskytovat příjemci bezpečnostní list. Povinné informace o produktu podle čl. 32 nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a další údaje jsou uvedeny ve „Sdělení“ výrobce. Dokument je k dispozici na www.unipetrolrpa.cz nebo na vyžádání.

Skladování a manipulace

PP Mosten se dodává v polyetylenových pytlích (>PE-LD<) o hmotnosti 25 kg. Pytle se ukládají v počtu 55 kusů na paletách, fixovaných smršťovací fólií (>PE-LD<). Fólie chrání výrobek proti poškození a zvyšuje jeho životnost. Ložené palety jsou určeny ke stohování do 2 vrstev, výjimečně do 3 vrstev. PP Mosten může být alternativně dodáván volně ložený v autocisternách. Jiný způsob balení nebo dopravy je možný po dohodě s odběratelem.

PP Mosten je skladován v suchém, větraném, zastřešeném skladu, jehož prostory jsou chráněny před přímými účinky slunečního záření. Doporučené rozmezí teplot ve skladu je -20 °C až +50 °C. Vzdálenost od zdroje tepla je nejméně 1 m. Doporučená doba skladování PP Mosten v uzavřených obalech za stanovených podmínek skladování je až 1 rok. Při delším skladování je vhodné ověřit vlastnosti materiálu před jeho zpracováním.

Obaly

Obaly, použité výrobcem pro balení materiálu PP Mosten splňují požadavky §3 a 4 zákona č. 477/2001 Sb. o obalech, v platném znění. Obaly jsou navrženy a vyrobeny podle technických předpisů pro hmotnost a objem výrobků, pro které jsou určeny.

Materiál obalů neobsahuje klasifikované nebezpečné látky. Součet obsahu těžkých kovů v obalu (olova, kadmia, rtuti a šestimocného chromu) nepřekračuje limitní hodnotu 100 ppm.

Doporučené zařazení dle Katalogu odpadů: č. 15 01 02 (plastové obaly), č. 15 01 03 (dřevěné palety).

Doporučené způsoby využívání odpadů: materiálové využití, energetické využití.

Pokyny pro nakládání s odpadem ze zpracování PE

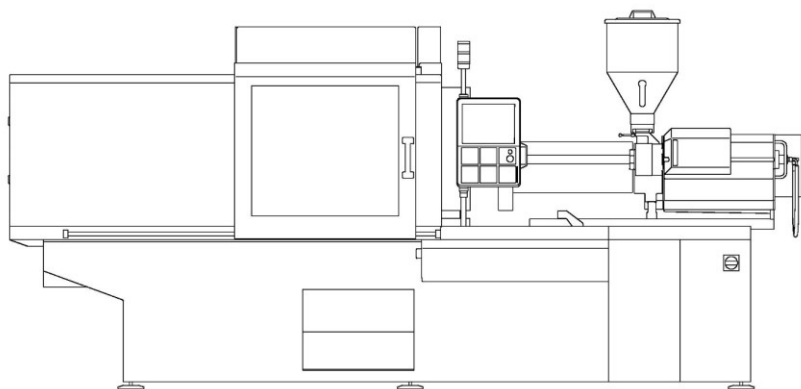
Výrobky z PP Mosten a neznečištěný odpad, který vzniká při jeho zpracování, lze recyklovat a dále zpracovat na technické výrobky. V souladu s ČSN 77 0052-2 a ČSN EN ISO 11469 se pro polypropylen používá druhová materiálová značka >PP<. Materiálové značení na výrobcích z polypropylenu usnadňuje identifikaci materiálu při sběru, třídění, využívání či odstraňování uživatelského odpadu.

PP Mosten z produkce Unipetrol RPA neobsahuje olovo, kadmium, rtuť ani šestimocný chrom, přičemž součet koncentrací těchto těžkých kovů nepřesahuje limitní hodnotu 100 ppm. Odpad z PP Mosten zařazuje původce odpadu dle platné legislativy.

Doporučené zařazení podle Katalogu odpadů - č. 07 02 13.

Doporučené způsoby využívání odpadů: materiálové využití, energetické využití.

**PŘÍLOHA P II: *PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE ARBURG
ALLROUNDER 470 S***



ALLROUNDER 470 S

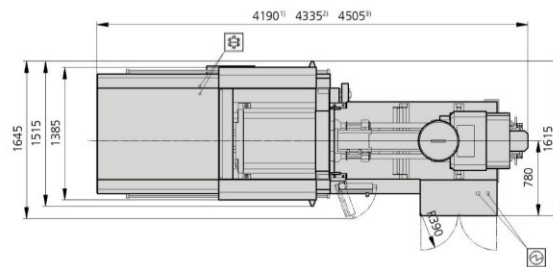
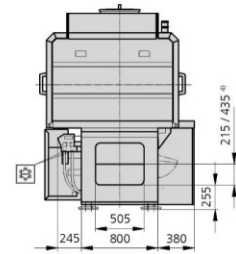
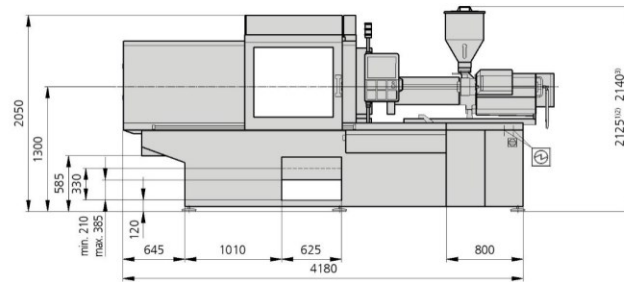
Distance between tie bars: 470 x 470 mm



Clamping force: 800, 1000, 1100 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 170, 290, 400

ARBURG

MACHINE DIMENSIONS | 470 S



-  Electrical connection
-  Cooling water connection

- 1) injection unit 170
- 2) injection unit 290
- 3) injection unit 400
- 4) Conveyor belt

TECHNICAL DATA | 470 S

Clamping unit		470 S		
with clamping force	max. kN	800	1000	1100
Opening force stroke	max. kN mm	255 500		
Mould height, fixed variable	min. mm	250 ---		
Platen daylight fixed variable	max. mm	750 ---		
Distance between tie bars (w x h)	mm	470 x 470		
Mould mounting platens (w x h)	max. mm	637 x 637		
Weight of movable mould half	max. kg	760		
Ejector force stroke	max. kN mm	40 175		
Dry cycle time EUROMAP ²	1 pump	min. s - mm	2,3 2,1 - 329	
	2 pumps	min. s - mm	1,8 - 329	
	Accum.	min. s - mm	1,5 - 329	

Injection unit		170			290			400			
with screw diameter	mm	25	30	35	30	35	40	35	40	45	
Effective screw length	L/D	24	20	17	23,3	20	17,5	23	20	18	
Screw stroke	max. mm	120			150			160			
Calculated stroke volume	max. cm ³	59	85	115	106	144	188	154	201	254	
Shot weight	max. g PS	54	77	105	97	132	172	141	184	232	
Material throughput	max. kg/h P5	10	13,5	16	17	20,5	24,5	25	29	35	
	max. kg/h PA6.6	5	7	8	8,5	10,5	12,5	12,5	15	17,5	
Injection pressure	max. bar	2500	2000	1470	2500	2000	1530	2500	2000	1580	
Holding pressure	max. bar	2500	2000	1470	2500	2000	1530	2500	2000	1580	
Injection flow ²	1 pump	max. cm ³ /s	94 120	136 172	186 236	102 130	140 178	182 232	128	168	212
	2 pumps	max. cm ³ /s	94 120	136 172	186 236	102 130	140 178	182 232	128	168	212
	Accum.	max. cm ³ /s	216	312	424	316	430	562	492	642	814
Screw circumferential speed ²	1 pump	max. m/min	49 50	59 60	69 70	46 51	54 60	62 69	47	53	60
	2 pumps	max. m/min	49 50	59 60	69 70	46 51	54 60	62 69	47	53	60
	Accum.	max. m/min	14	17	19	20	24	27	16	19	21
Screw torque	max. Nm	210	250	290	320	380	430	480	550	610	
Nozzle contact force retraction stroke	max. kN mm	50 210			60 240			60 300			
Heating capacity zones	kW	9,4 5			6,4 5			9,4 5			
Feed hopper	l	50			50			50			

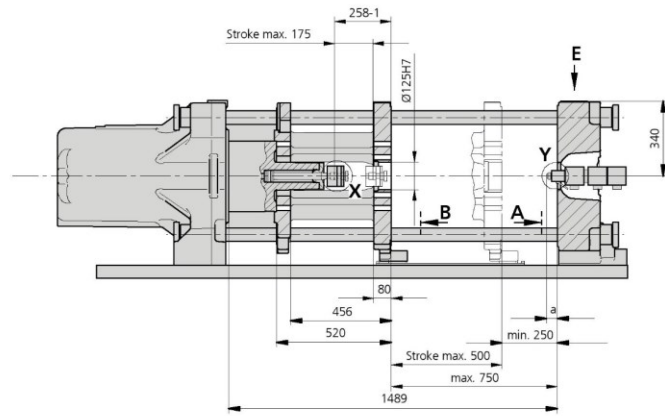
Drive and connection		1 pump			2 pumps			Accum.			
with injection unit		170	290	400	170	290	400	170	290	400	
Net weight of machine	kg	4500	4550	4750	4500	4550	4750	---			
Sound press. level Insecurity ⁴	dB(A)	66 3			66 3			66 3			
Oil filling	l	175			175			175			
Drive power ²	max. kW	18,5			18,5	18,5	22	15			
Electrical connection ³	kW	30	27	30	30	27	34	26	24	26	
	Total	A	80			80			80		
	Machine	A	---			---			---		
Heating	A	---			---			---			
Cooling water connection	max. °C	25			25			30			
	min. Δp bar	1,5 DN 25			1,5 DN 25			1,5 DN 25			

Machine type		Drive
with EUROMAP size designation ¹		
470 S 800-170 290		1 2 Accum.
470 S 1000-170 290 400		1 2 Accum.
470 S 1100-170 290 400		- 2 Accum.

Upon request: other machine types and mould installation heights, screws, drive powers etc.
 All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.

1) Clamping force (kN) - size of injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (kbar).
 2) Specifications depend on the drive config. - 1st value applies to the lowest clamping force.
 3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.
 4) Detailed info in the operating instr.
 [] Specifications apply to alternative equipment.

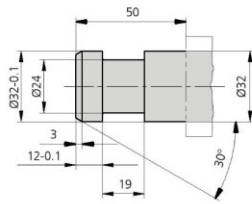
MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 470 S



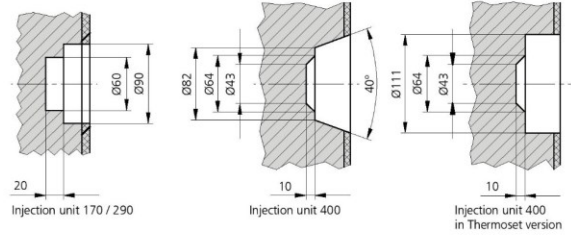
a max.	Injection unit	
	170 / 290	400
Standard	40	50
Thermoset	20	50

Dimensions for horizontally displaceable injection unit (VARIO principle) reduced by 20 mm

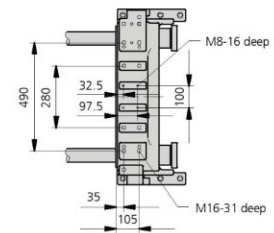
Ejector bolt | X



Bore in mould (if required) | Y



Robotic system mounting | E



SHOT WEIGHTS | 470 S

Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		170			290			400		
Screw diameter	mm	25	30	35	30	35	40	35	40	45
Polystyrene	max. g PS	54	77	105	97	132	172	141	184	232
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	53	76	103	95	129	168	137	179	227
	max. g SAN, ABS ¹⁾	52	74	101	93	126	165	135	176	223
Cellulose acetate	max. g CA ¹⁾	61	87	119	109	148	194	158	207	262
Celluloseacetobutyrate	max. g CAB ¹⁾	56	81	110	101	138	180	147	192	243
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	56	80	109	100	136	178	145	190	240
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	50	72	98	90	122	160	131	171	216
Polycarbonate	max. g PC	57	81	111	102	139	181	148	193	244
Polysulphone	max. g PSU	58	84	115	105	143	187	153	199	252
Polyamides	max. g PA 6.6 PA 6 ¹⁾	53	77	104	96	131	171	140	183	231
	max. g PA 6.10 PA 11 ¹⁾	50	72	98	90	122	160	131	171	216
Polyoximethylene (Polyacetal)	max. g POM	66	96	130	120	163	213	174	227	287
Polyethylene terephthalate	max. g PET	64	92	126	115	157	205	167	219	277
Polyethylene	max. g PE-LD	41	59	80	73	100	130	106	139	176
	max. g PE-HD	42	60	82	76	103	134	110	143	181
Polypropylene	max. g PP	43	62	84	77	105	137	112	146	185
Fluoropolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE ¹⁾	86	124	169	155	211	276	225	294	372
	max. g ETFE	76	109	148	136	185	242	196	256	324
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	65	94	127	117	159	208	170	222	281
	max. g PVC-P ¹⁾	60	87	118	108	147	192	157	205	260

1) average value

ARBURG GmbH + Co KG
 Arthur-Hehl-Strasse
 72290 Lossburg
 Tel.: +49 7446 33-0
 www.arburg.com
 contact@arburg.com

528481_EN_GB_092018 Subject to alterations

© 2018 ARBURG GmbH + Co KG | All data and technical information have been compiled with great care. However we accept no responsibility for correctness. Individual illustrations and information may deviate from the actual delivery condition of the machine. The relevant valid operating instructions are applicable for the installation and operation of the machine.